अनुवादक

महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळ, मुंबई

ताऱ्यांचे अंतरंग

: मूळ लेखक :
डॉ. बिमन बसू

: मराठी अनुवाद:
डॉ. प्रभाकर कुंटे

महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळ
मुंबई

निवेदन

अथांग आकाशात रात्रीच्या वेळी चमचमणारे असंख्य तारे पाहणे हा एक नित्य आनंदाचा भाग आहे. पहाटेच्या वेळी दिसणारी शुक्राची चांदणी तर कित्येकदा पांथस्थाला वाटही दाखवते. काळ्या मखमलीच्या गालिच्यावर हे तेजस्वी हिरेच कुणी तरी उधळले आहेत असा कवी मनाला भास होतो. म्हणून फार प्राचीन काळापासून माणसाला या असंख्य ताऱ्यांनी लखलखणाऱ्या आकाशाने मोह घातला आहे. त्यांच्या आकारानुसार किंवा आकृतीबंधानुसार त्या त्या तारा पुंजकाला काही समर्पक नावेही दिली आहेत. कवी मनाला तर या ताऱ्यांनी गेली असंख्य वर्षे कवितेसाठी विषय पुरवले आहेत.

हे सर्व खरे असले तरी या ताऱ्यांची वैज्ञानिक दृष्ट्या सत्य असलेली माहिती पूर्वी फारच थोडी होती. आजच्या या विज्ञान युगात नित्य नवनवीन माहिती आता उपलब्ध होत आहे. ही माहिती मनोरंजक तर आहेच, पण या सृष्टीचे गूढ थोडे फार तरी उकलून दाखवणारी आणि नव्या विज्ञाननिष्ठ पिढीचे उद्बोधन करणारी आहे. डॉ. विमन बसू यांनी अतिशय अभ्यासू वृत्तीने INSIDE STARS" या शीर्षकाने इंग्रजीत एक पुस्तक लिहिले आहे. डॉ. प्रभाकर कुंटे यांनी मराठीत वाचकांसाठी या पुस्तकाचा अनुवाद "ताऱ्यांचे अंतरंग" या शीर्षकाने केला आहे. तो जिज्ञासूंचे खूपच समाधान करील यात शंका नाही. मराठी वाचकासाठी एका चांगल्या पुस्तकाचा अनुवाद केल्याबद्दल साहित्य संस्कृती मंडळ डॉ. कुंटे यांचे आभारी आहे.

वैज्ञानिक व औद्योगिकीय संशोधन महामंडळ (कौन्सिल ऑफ सायंटिफिक ॲन्ड इंडस्ट्रियल रिसर्च-सीएसआयआर, नवी दिल्ली) या संस्थेने १९९२ मध्ये आपल्या कारकीर्दिचा सुवर्ण महोत्सव साजरा केला. त्या निमित्ताने त्यांनी अत्याधुनिक विज्ञान क्षेत्रातील काही महत्वाच्या शास्त्रीय विषयांवर सोप्या भाषेत पुस्तके लिहून घेतली. त्यातील "ताऱ्यांचे अंतरंग" (इनसाईड स्टार्स) हे पुस्तक अनुवादरुपाने प्रकाशित करण्यास सीएसआयआर संस्थेने परवानगी दिल्याबद्दल मंडळ या संस्थेचा आभारी आहे.

दिनांक : १७ डिसेंबर, १९९८ द. मा. मिरासदार

अध्यक्ष

महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळ

❖ वाचकांशी हितगुज ❖

रात्रीच्या काळ्याशार आकाशात चमचम करणारे असंख्य तारे आपण पाहतो. आपली उत्सुकता वाढत जाते. कसे असतील हे आकाश गोल? जसे ते मोहक दिसतात तो केवळ भास आहे की त्यांचे ते सत्य स्वरुप आहे? त्यांच्याबद्दलची विश्वसनीय माहिती कधी कळेल कां? असे अनेक प्रश्न उभे राहतात.

आकांशातल्या ताऱ्यांचे विश्वच वेगळे आहे. दिसण्यांत अगदी चमकणाऱ्या हिऱ्यांच्या खड्यांप्रमाणे असणारे हे तारे फारच आकर्षक वाटतात. सर्व तारे सारखेच दिसतात म्हणून पर्यायाने ते सर्व आपल्या सूर्यासारखेच असावेत असा आपला तर्क असतो. आपला जवळचा तारा म्हणजे आपला सूर्य. सूर्यमालिकेंतल्या एकूण एक ग्रहांसाठीचा जीवनाधार! सूर्य प्रकाशाशिवाय पृथ्वीवरील सर्व प्राणी-पक्षी, मानव, वनस्पती जीवन हे अर्थहीन आहे. अशा प्रकारच्या ताऱ्यांच्या अंतरंगात शिरुन त्यांचे विविध पैलू अभ्यासणे, त्यांच्या खऱ्या स्वरुपाची ओळख करुन घेणे हे निश्चितपणे आव्हानात्मक ठरते.

श्री. विमन बसू ह्यांच्या ``**INSIDE STARS**''पुस्तकासंबंधी काही चांगल्या प्रतिक्रिया ऐकल्या होत्या. त्याच इंग्रजी पुस्तकाचा मराठी भाषेत सोप्या पद्धतीने अनुवाद करण्याचे काम मी एक कसोटी म्हणून स्विकारले. जरी अन्य कांही शास्त्रीय पुस्तकांचे मी स्वतंत्रपणे लेखन केलेले असले व त्यांत बऱ्यापैकी यश मिळालेले असले तरी एखाद्या पुस्तकाचा अनुवाद करण्याची ही माझी पहिलीच कामगिरी होती. त्यामुळे हे काम किती चांगले यशस्वी झाले आहे ते आपण वाचकच ठरवूं शकाल! आपणांस हा प्रयत्न रुचेल असे मनोमन वाटते आहे. अर्थात आपल्या प्रामाणिक प्रतिक्रया माझ्यापर्यंत आपण जरुर पोहोचवाव्यात ही विनंती.

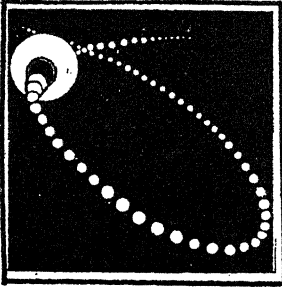
महाराष्ट्र राज्य साहित्य आणि संस्कृती मंडळाने माझ्याकडे ही कामगिरी सोपविल्याबद्दल मी मंडळाचा अत्यंत ऋणी आहे.

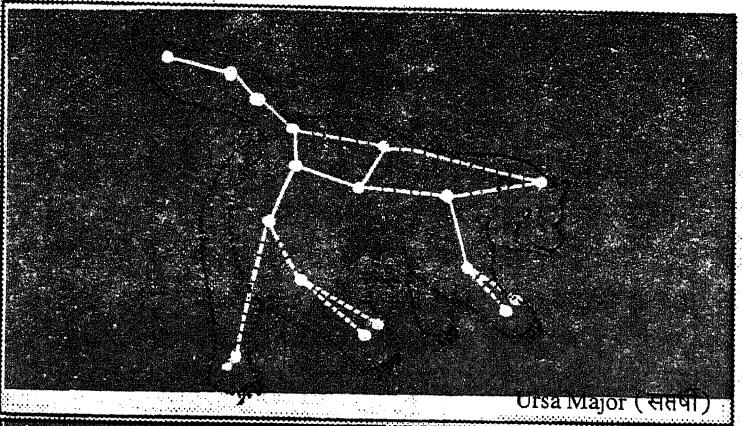
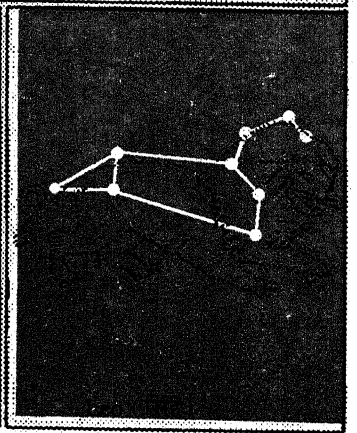
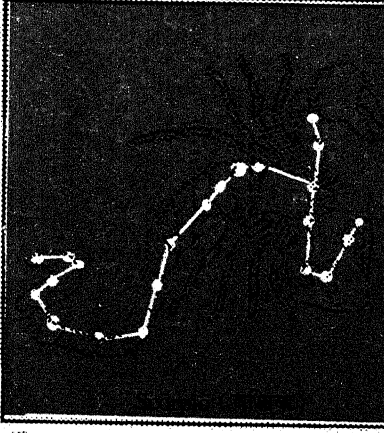
कळावे.

अनुक्रमणिका

आकाशातील मार्गदर्शक खुणा	१
विश्वाच्या फुटपट्ट्या	१२
ताऱ्यांचे प्रकाश संदेश	२२
ताऱ्यांचा जन्म	३२
राक्षसी आणि बुटके	४४
बदलती तेजस्विता	५५
मृत्यू घटका	६५
मातीतून मातीकडे	७५

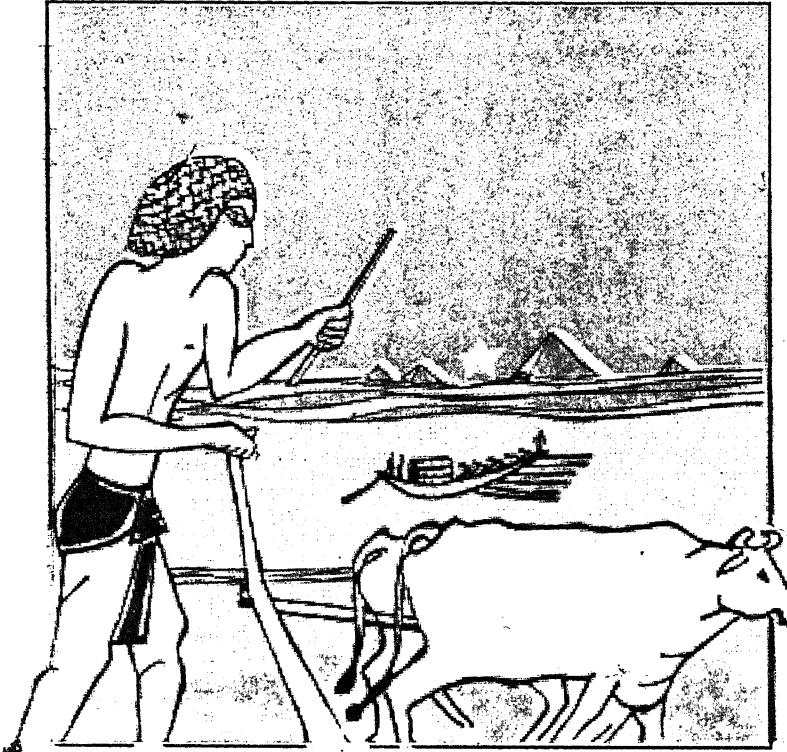
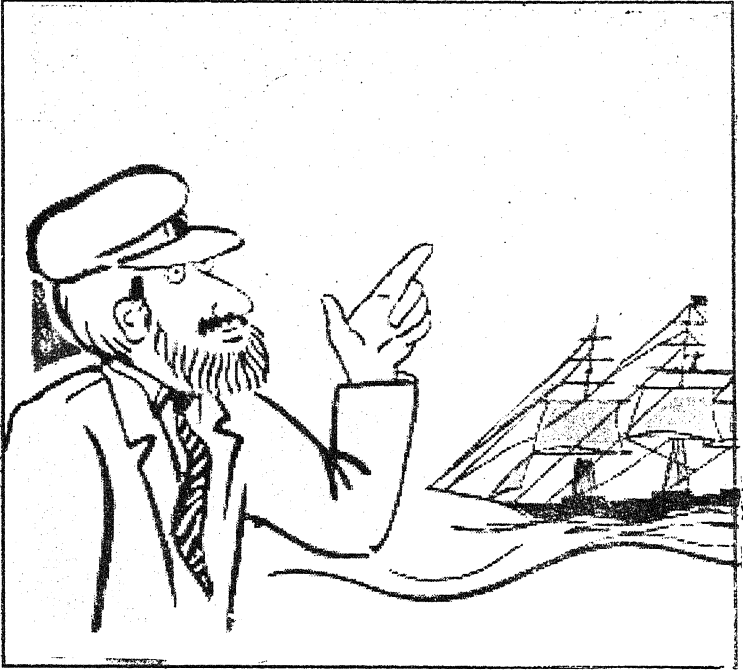
"Twinkle, Twinkle, little Star
How I wonder what you are!
Up above the world so high
Like a diamond in the sky."

आकाशातील मार्गदर्शक खुणा

सर्वत्र सुपरिचित असलेलं हे बालगीत मानवाच्या मनात आकाशातील ताऱ्यांसंबंधी अनेक वर्षांपासून निर्माण होत असलेली विस्मयकारक आणि आदरयुक्त भावना यांचं दर्शन घडवीत असते. ताऱ्यांच्या प्रकाशानं चमचमणारं रात्रीचं आकाश हे खरोखरीच निसर्गाचं एक आकर्षक मनोहारी दृश्य असतं. तारे रात्रीच्या काळ्याशार आकाशाच्या खजिन्यांत इतस्ततः विखुरलेले प्रकाशाचे तेजस्वी खडे आहेत असे भासतात. प्राचीन काळच्या लोकांचाही असाच समज होता. परंतु काही शतकांनंतर आणि शेकडो वर्षांच्या परीक्षणानंतर इतस्ततः पसरलेल्या ताऱ्यांमधून काही विशिष्ट काल्पनिक आकृत्या निर्माण होत गेल्या. एखाद्या बिंदू कोड पुस्तकातील आकृतीमधील अनेक बिंदू जोडल्यानंतर जसे लहान बालक एक चित्र तयार करते त्याप्रमाणे काही प्रमुख ताऱ्यांमधून त्यांनी जणू परिचित आकृत्या तयार केल्या होत्या. आकाशातील ह्या आकृत्या किंवा ज्यांना आपण नक्षत्र म्हणन ओळखतो त्यांना ओळखणं सोपं व्हावं

ताऱ्यांनी चमचमणारं आकाश हे निसर्गाचं एक आकर्षक आणि मनोहारी दृश्य असते.

नक्षत्रांना दिलेल्या नावांप्रमाणे आकाशातील ताऱ्यांच्या आकृत्या पहाण्याचा प्रयत्न कराल तर निराशाच पदरी येईल. काही नक्षत्रच त्यांच्या नावाशी सुसंगत असलेल्या आकृतींसारखी दिसतील.

म्हणून प्राचीन सुसंस्कृत लोकांनी त्यांना विविध प्राण्यांची आणि वस्तूंची नावं दिली. म्हणून सप्तर्षी (Ursa Major), एडका (Ram), वृश्चिक (Scorpion), मीन (Pisces), कुंभ (Aquarious), तूल (Libra) इत्यादी नावं तर काही नक्षत्रांना देवयानी (Andromeda), वृषपर्वा (Cepheus), हरक्यूलस इत्यादी पुराणकालीन व्यक्तींची नावं दिली. नक्षत्रवार तारकापुंजाची ओळख ठेवणं

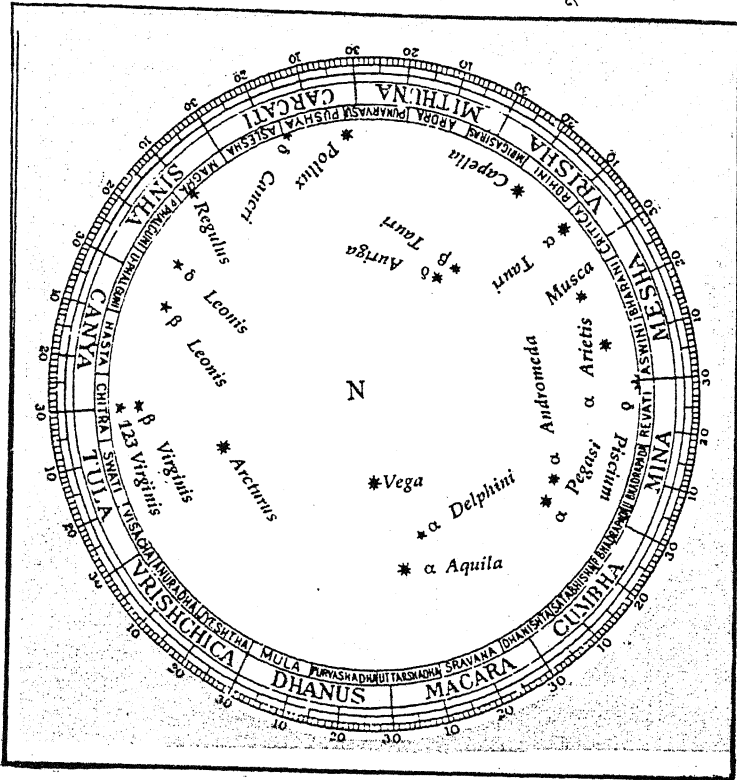
आपल्या प्राचीन पूर्वजांना सहज सोपं जात असेल हे नक्की. परंतु अनेक नक्षत्रांच्या नावावरून आपण जर तशी आकृती पहाण्याचा प्रयत्न कराल तर निराशा पदरी पडेल. केवळ मृग (Orion), सिंह (Leo) आणि वृश्चिक (Scorpion) अशा काही नक्षत्रांच्या बाबतीतच ह्या काल्पनिक आकृत्यांची साक्ष पटेल.

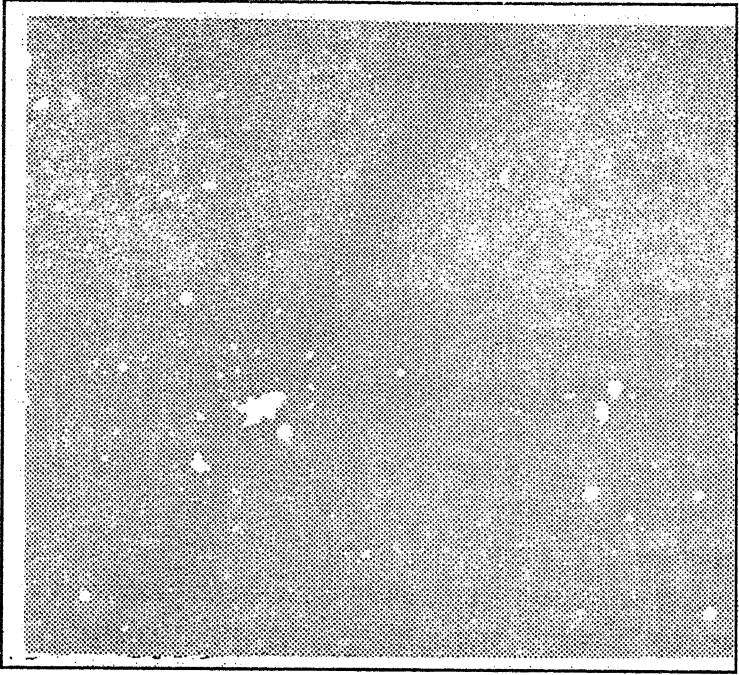
तथापि वेगवेगळी नक्षत्रं जरी वर्षातल्या वेगवेगळ्या वेळी रात्री आकाशात दर्शन देत असली तरी प्राचीन काळातील माणसांना मात्र त्या अन्वये ऋतूंच्या आगमनाचा मागोवा घेणं शक्य होई आणि साहजिकपणे पिकांची लागवड करणं, तसेच इतर उद्योग अथवा कार्यक्रम यांची योजना करणं सुलभ होत

आकाशातील सर्वात तेजस्वी तारा व्याध, ज्यावेळी पूर्वेकडे पहाटे पूर्व क्षितिजावर उगवत असे त्यावेळीआता पिकाची लागवड करण्याची वेळ आली आहे असं मानून इजिप्तमधील लोक त्या तयारीला लागत.

प्राचीन काळी खुष्की प्रवासी आणि समुद्रावरील खलाशी ह्यांना नक्षत्रांचा मागदर्शक म्हणून उपयोग होई. उत्तरेकडील आकाशात ध्रुव तारा ही आपली स्थिती न बदलणारी पायाभूत खूण आहे.

असे. आकाशातील सर्वांत तेजस्वी तारा जो व्याध (Orion) याचे ज्यावेळी पूर्व क्षितिजावर पहाटे आगमन होत असे त्यावेळी इजिप्तमधील लोक पिकाची लागवड करण्याची तयारी करीत आणि आता नाईल नदीला पूर येऊन जमीन कसदार बनेल असं मानीत.

खुष्कीप्रवासी आणि समुद्रावरील खलाशांसाठी योग्य मार्गदर्शक खूण बनण्याचे काम नक्षत्र करीत. लोहचुंबक कंपाससुई आणि नौकानयनासंबंधीची इतर साधनं उपलब्ध होण्यापूर्वी लांब अंतराच्या प्रवासाकरिता लोक ताऱ्यांचा मार्गदर्शक खूण म्हणून उपयोग करीत असत. ध्रुव तारा ही उत्तर दिशा दाखविणारी आणि आपल्या स्थानावर अढळ असणारी अशी एक पायाभूत खूण मानली जात असे. वर्षातील वेगवेगळया वेळी

आढळणारे दुसरे तेजस्वी तारे त्या त्या वेळी प्रवासमार्ग दाखवीत असत.

माणसाने ताऱ्यांची एक मार्गदर्शक खूण म्हणून का निवड केली असावी
उत्तर तसं सोपं आहे. रात्रीच्या आकाशातील ग्रह इत्यादी इतर दृश्यमा
वस्तूंशिवाय तारे आणि त्यांच्या विविध काल्पनिक आकृत्या ह्या
बदलणाऱ्या, किंबहुना कायम स्थिर स्वरूपात असतात. चंद्राच्या बाबती
तसं नसतं. चंद्राचे तेज केवळ कमी अधिक होत नाही. तर ताऱ्यांच्या तुलनेत
तो भराभर स्थितीही बदलत राहातो. ग्रह आणि इतर दृश्यमान वस्तूसुद्धा
जास्त काळ स्थिर रहात नाहीत. ग्रह इत्यादी वस्तू जरी दिसण्यात

नक्षत्रांनी युक्त भारतीय खगोलदर्शन

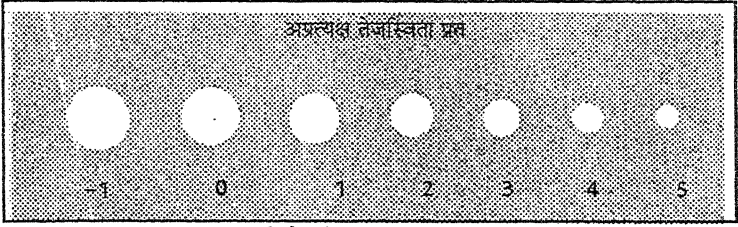
ताऱ्यांसारख्या असल्या तरी त्यांचे गुणस्वरुप तसे नाही. आकाशातील

ताऱ्यांची तेजस्विता वेगवेगळी असते.

ताऱ्यांच्या पार्श्वभूमीवर हे तेजस्वी प्रकाश देणारे बिंदू (ग्रह) स्वैरवृत्तीने भटकत असतात असं दृश्य दिसतं. ताऱ्यांच्या पार्श्वपटलावर चंद्र अथवा ग्रह यांचा प्रवास कशाप्रकारे चालू असतो यासंबंधी प्राचीन लोकांनी काही आराखडे निश्चित केलेले होते. परंतु हे ज्ञान त्यांनी धार्मिक कार्यातील उपचार करण्यासाठी वापरले. चंद्राच्या रोज बदलणाऱ्या कला आणि त्याची ताऱ्यांच्या संदर्भात असणारी फिरण्याची गती ह्यावरून फार पूर्वी दिनदर्शिका तयार केल्या गेल्या. आजही त्यांचा उपयोग होताना दिसतो. त्याचं एक उदाहरण म्हणजे प्रत्येक महिन्याच्या पोर्णिमेच्या दिवशी ज्या नक्षत्राच्याजवळ चंद्र असतो त्यानुसार भारतीय महिन्यांची नावं ठरवलेली आढळतात. तात्पर्याने असं दिसतं की तारे हे मानवाच्या संस्कृतीशी नेहमी फार जवळचे राहिलेले आहेत. अर्थात याचा अर्थ असाही होत नाही की प्राचीन लोकांना ह्या

आकाशस्थ गोलांचं खरं स्वरुप पूर्ण कळलेलं होतं. त्यांच्या दृष्टीने रात्रीचं आकाश हे एका मोठ्या छत्रीसारखे छत्र असून त्याच्या आतल्या बाजूवर तारे लहान दिव्यांप्रमाणे बसविलेले आहेत. अशा प्रकारची समजूत असणाऱ्या आपल्या पूर्वजांना आपणाला दोष देता येणार नाही. कारण जमिनीवर उभं राहून रात्रीचं आकाश हे ताऱ्यांनी गच्च भरलेल्या छत्रासारखंच दिसतं. साध्या डोळ्यांनी आकाश पहाणाऱ्या निरीक्षकांच्या बाबतीत इतर दुसरा मार्गच असत नाही.

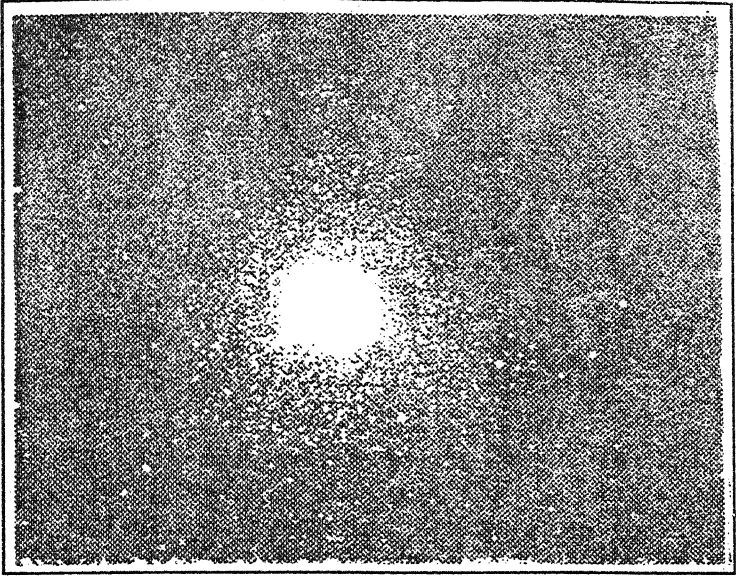
एखाद्या स्वच्छ निरभ्र रात्री प्रथम दृष्टीक्षेपांत मोजता येणार नाहीत इतके तारे दृष्टीस पडतात. खगोल वैज्ञानिकांच्या मते ज्याची दृष्टी एकदम चांगली आहे त्यालादेखील चंद्रविरहीत स्वच्छ आकाशात फक्त अडीच हजार तारे दिसू शकतात. धूळ आणि धूर यांच्यामुळे ज्या शहराची हवा किंवा वातावरण दूषित झालेले असते तिथे अधिकात अधिक काही शेकड्यांनीच तारे पाहता येतात असा अनुभव आहे. द्विनेत्री अथवा दुर्बिणींच्या सहाय्याने मात्र अनेक पटींनी हा आकडा वाढू शकतो. बंगलोर जवळील कवालूर येथील ९२ इंच व्यासाच्या ''वेणीबापू'' नावाच्या दुर्बिणीद्वारे पन्नास कोटी तारे पहाता येतील असं सांगितलं जातं.

मनुष्यांप्रमाणे ताऱ्यांना देखील नावाने ओळखले जाते. प्रमुखपणे तीन पद्धती वापरून नावं दिलेली दिसतात. प्रथम वर्गात अतिशय तेजस्विता असलेले तारे - संख्येने जवळ जवळ पन्नास एक भरतील. - ग्रीक, लॅटीन अथवा अरेबिक नावे असलेले. सायरस (व्याध), कॅनोपस (अगस्ती), कॅपेला (ब्रह्महृदय), व्हेगा (अभिजित) अल्डेबरान, रीगेल (राजन्य) इत्यादी इत्यादी. अशा पुष्कळ ताऱ्यांची भारतीय नावंही सांगता येतील.

आपल्याकडे ज्याप्रमाणे कुटुंबाचे नाव असते त्याप्रमाणे ज्या नक्षत्रामध्ये तारे सामावले जातात त्यांना त्या नक्षत्रांच्या नावांवरुनही ओळखले जाते. ह्या पद्धतीत नक्षत्रामधील जो सर्वात तेजस्वी तारा आहे त्याला ग्रीक लिपीतील पहिलं नाव जे 'अल्फा' ते दिले जाते. उदाहरण द्यायचं झालं तर सिंह नक्षत्रामधील सर्वात तेजस्वी 'रेग्युलस' ताऱ्याला 'अल्फा सिंहेतील' (Alpha Leonis) असं म्हटलं जातं. तसेच त्याच नक्षत्रामधील दुसऱ्या प्रतीच्या तेजस्वी ताऱ्याला ''बीटा सिंहेतील'' असे ओळखले जाते. ह्याप्रमाणे आणखी ताऱ्यांना नावं दिली जातात.

ताऱ्यांची तेजस्विता स्पष्ट करणारी पध्दत

परंतु ग्रीक लिपीत फक्त चोवीसच अक्षरं असल्यामुळे एक प्रकारे मर्यादा पडते. म्हणून इंग्रज खगोल शास्त्रज्ञ जॉन फ्लॅमस्टीड (१६४६ - १७१९) याने एक पर्याय सुचविला. त्याने नक्षत्रामधील पश्चिमेकडून पूर्वेकडे आकाशात पसरलेल्या ताऱ्यांना आकडे दिले. उदा. 'सिग्नी ६१, ताऱ्याचा मागोवा घ्यायचा झाल्यास 'सिग्नस' (हंस) नक्षत्रामधील पश्चिमेकडून पूर्वेपर्यंत पसरलेले तारे मोजावयास सुरुवात करून ६१ वा तारा 'सिग्नस ६१' ओळखला जातो. अशा ताऱ्याला फ्लॅमस्टीड नंबरचा तारा असेही ओळखले जाते.

साधारण निरीक्षकाला देखील ताऱ्यांचे काही गुणविशेष कळू शकतात. उदा. सर्व ताऱ्यांची तेजस्विता सारखी नसते. व्याध अथवा अगस्ती हे तारे इतर सर्व ताऱ्यांहून जास्त तेजस्वी भासतात आणि दुसरे बरेचसे न दिसण्याएवढे निस्तेज असतात. त्यांतील काही ताऱ्यांची तेजस्विता ही तासागणिक, दिवसागणिक आणि महिन्यागणिक बदलत रहाते.

अलेक्झांड्रीयामधील क्लॉडियस टोलेमी (अंदाजे १०० ते १७० ए.डी.) आणि इतर खगोलशास्त्रज्ञांनी ताऱ्यांच्या तेजस्वितेनुसार सहा विभाग पाडले. अती तेजस्वी ताऱ्यांची प्रत १, तर कमीतकमी तेजस्विता असणाऱ्या ताऱ्यांची तेजस्विता प्रत ६ ठरविली. सूर्यास्तानंतरच्या संधीप्रकाशातसुद्धा दिसणारे तारे अती तेजस्वी तर काळ्याशार रात्रीतसुद्धा कष्टाने दर्शन देणारे तारे निस्तेज प्रतीचे. टोलेमीच्या काळामध्ये ताऱ्याची तेजस्विता मोजण्याचे साधन म्हणजे फक्त माणसाचा डोळा होता. साहजिक त्यामुळे ताऱ्यांची तेजस्विता ही इतकी काटेकोर नसे. परंतु हल्ली हे काम अधिक चांगलं आणि काटेकोर होतं. तेजस्वितेमध्ये १प्रतीचा तारा हा दुसऱ्या प्रतीच्या ताऱ्याहून

काही तारे एकत्र येऊन पुंज तयार करतात असे दिसते.

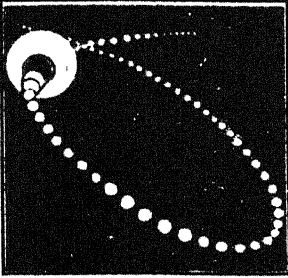
२.५१२ पटीने अधिक तेजस्वी असतो. तर दुसऱ्या प्रतीचा तारा तिसऱ्या प्रतीच्या ताऱ्याहून २.५१२ पटीने अधिक तेजस्वी. यातून असाही अर्थ निघतो की अत्यंत तेजस्वी ताऱ्याची प्रत वजा देखील असू शकते. याचे उदाहरण म्हणजे 'सायरस' ताऱ्याची तेजस्विता प्रत -१.६ एवढी सांगितली जाते.

ताऱ्यांचे दुसरे गुणविशेषही सहज ध्यानात येतात. उदा. काही तारे एकत्र येऊन पुंज तयार करतात, तर दुसरे क्रिकेट खेळांतील क्षेत्ररक्षकांसारखे एकमेकांपासून बरेच अंतर राखून असतात. ताऱ्यांचे रंगही भिन्न भिन्न असतात.

सायरस आणि कॅनोपस तारे निळे व पांढरे दिसतात आणि बीटलगूज व अन्टारेस तारे उघडपणे लालसर भासतात. इतर बरेचसे तारे पिवळे -पांढरट असतात.

ताऱ्यांसंबंधीची इतक्या प्रकारची माहिती एकत्रित होत असताना प्राचीन खगोल अभ्यासकांनी पुढील अनेक प्रश्नांची उत्तरं शोधली असतील. ताऱ्यांची तेजस्विता भिन्न भिन्न का असावी? काही तारे पांढरे तर इतर लालसर किंवा

पिवळे का दिसावेत? काही कालावधीनंतर ताऱ्यांची तेजस्विता बदलत कां रहाते? अशा प्रश्नांची उत्तरं ते तारे प्रत्यक्षात काय आहेत हे कळल्याशिवाय सांगता येणं कठीण आहे. तारे आपल्यापासून किती दूर आहेत तेही कळावयास हवे. त्यानंतरच तारे किती मोठे अथवा उष्ण आहेत आणि ते कशाप्रकारे बनले आहेत हे ध्यानात येईल.

विश्वाच्या फुटपट्ट्या

आकाशामध्ये जसे तेजस्वी तारे आहेत तसेच अंधुक दिसणारेही तारे आहेत. कशामुळे ते असे दिसत असावेत? अर्थात पृथ्वीवरून पहाताना ताऱ्याच्या तेजस्वितेचा संबंध ताऱ्याच्या आपल्यापासून असलेल्या अंतराशी असावा असे दिसते. परंतु ताऱ्यांची स्वतःची तेजस्विता महत्त्वाची आहे. उदाहरण देऊन सांगावयाचे तर एक किलोमीटर अंतरावरील मोटारीचा प्रकाशमान दिवा हातातल्या विजेरीच्या दिव्याहून देखील अंधुक दिसतो. तसेच एखादा तारा इतका तेजस्वी नसेल, परंतु आपल्यापासून जवळ असल्यामुळे तो जास्त तेजस्वी भासेल किंवा याच्याउलट एखादा तारा खूप तेजस्वी असूनही केवळ फार दूर असल्याने तो अंधुक भासेल. म्हणून एखादा तारा किती दूर आहे किंवा जवळून किती तेजस्वी दिसतो हे सांगणे अवघड आहे.

ताऱ्यांची तेजस्विता जाणण्यासाठी खगोलशास्त्रज्ञ दोन प्रकारची परिमाणं वापरतात. पृथ्वीवरून आढळणाऱ्या ताऱ्याच्या तेजस्वितेच्या परिमाणाला 'अप्रत्यक्ष तेजस्विता प्रत' (Apparent Magnitude) म्हणून ओळखलं जातं तर एका विशिष्ट अंतरावरून तेजस्विता जाणून घेतल्यास त्याला 'प्रत्यक्ष तेजस्विता

दूर अंतरावरील रस्त्यावरील दिव्यापेक्षा हातातील विजेरीचा प्रकाश तेजस्वी भासतो. एखादा तारा फार तेजस्वी नसेल, परंतु तो जवळ असल्याने तेजस्वी दिसतो.

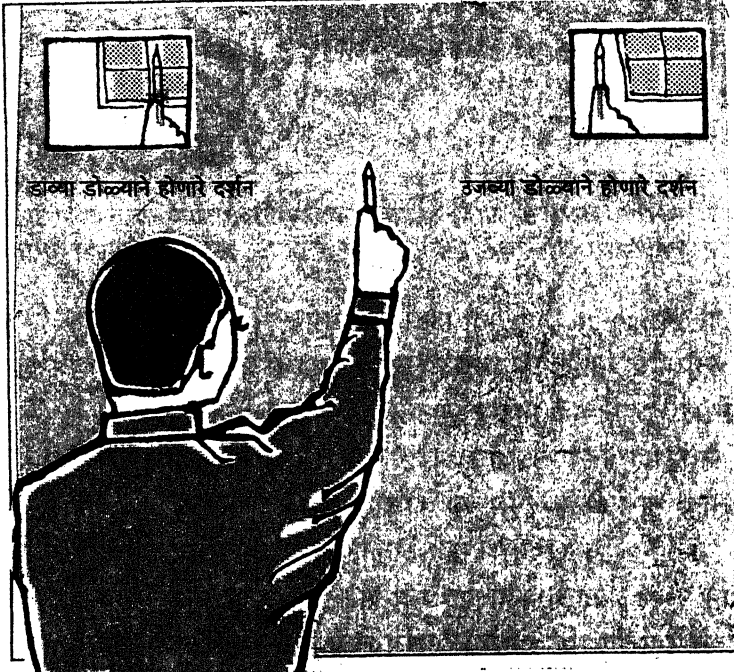
प्रत' (Absolute Magnitude) असं समजलं जातं.

ताऱ्यांचे आपल्यापासूनचे अंतर मोजण्याचे अगदी पहिले प्रयत्न सुप्रसिद्ध इंग्लिश वैज्ञानिक आयझॅक न्यूटन (Issac Newton) (१६४२ - १७२७) याने केले. सूर्य हा एका तारा आहे. फार तेजस्वी नसलेला असा एक साधारण प्रतीचा तारा आहे हे मत त्या काळांत मांडले गेले होते.

पोलंडमधील खगोलशास्त्रज्ञ निकोलस कोपर्निकस् (१४७३-१५४३) याने १५४३ साली आपल्या 'सूर्यमालिका' या पुस्तकात. तारे हे आपल्या सूर्याहून प्रचंड मोठे असतात परंतु ते फार दूर अंतरावर आहेत असं मत मांडलं. न्यूटनच्या मताप्रमाणे जर सूर्य साध्या ताऱ्यासारखा तेजस्वी दिसावयास हवा असेल तर तो आज ज्या अंतरावर आपणापासून आहे त्याच्या

अडीच लाख पटींनी आणखी दूर असावयास हवा.

मोठी अंतरे मोजावयाची एक सोपी पद्धती आहे. त्यामध्ये दोन वेगवेगळ्या ठिकाणाहून पाहिलं असताना लांब अंतरावरील ताऱ्याच्या स्थितीत जो लहानसा कोन बदल मोजण्यात येतो, त्याचा उपयोग करून घेतला जातो. तसेच आकाशातील अती दूर असलेल्या वस्तूंच्या पार्श्वभूमीवर ते मोजमाप करण्याची पद्धती आहे.

हे मोजमाप कसे होते ते पाहूया. तुमच्या डोळ्यासमोर थोड्या अंतरावर एक पेन्सिल उभी धरा आणि त्यानंतर आधी फक्त एका डोळ्याने तसेच दुसऱ्या डोळ्याने पेन्सिलीकडे पहा. पेन्सिलीच्या मागील दूर असलेल्या अनेक वस्तूंच्या पार्श्वभूमीवर तुम्हाला पेन्सिल डावीकडून उजवीकडे किंवा

डोळ्यासमोर थोड्या अंतरावर पेन्सिल धरली असता पेन्सिल डावीकडून उजवीकडे किंवा उजवीकडून डावीकडे सरकलेली आहे असे आढळते. हे सर्व मागील वस्तूंच्या पार्श्वभूमीवर घडते असे दिसते.

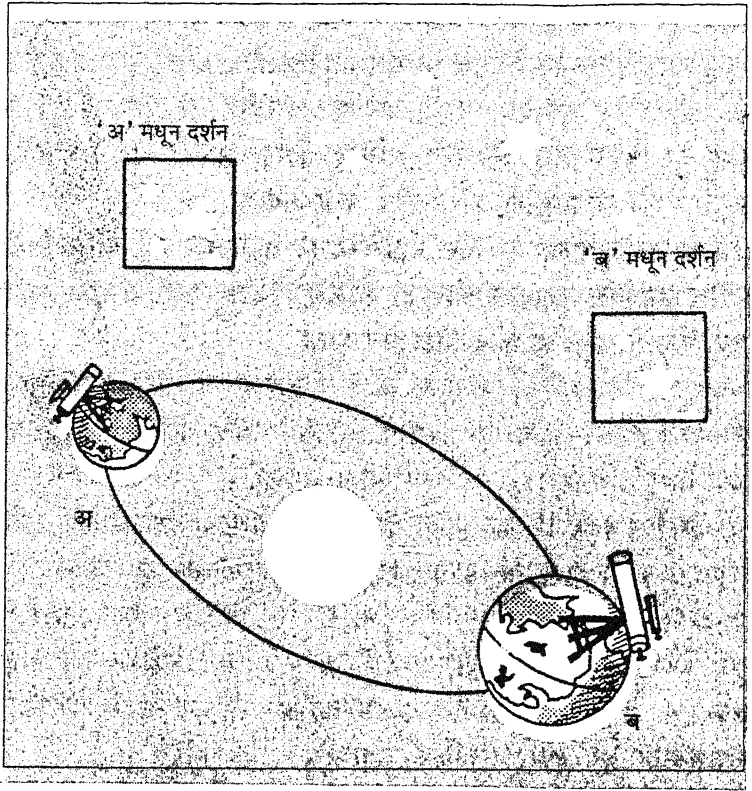
उजवीकडून डावीकडे सरकलेली आहे असे दिसेल. आपण डोळ्यांपासून पेन्सिल जितकी दूर नेऊ तितका पेन्सिलीच्या स्थितीत झालेला बदल तुम्हांला कमी कमी होताना जाणवेल. तुमच्या दोन डोळ्यांमधील अंतर तुम्हांला माहीत असेल तर पेन्सिलीच्या स्थितीत झालेला बदल ध्यानात घेऊन तुम्हांला पेन्सिलीचे डोळ्यांपासूनचे अंतर लगेच कळू शकेल.

ह्या मापन पद्धतीला 'पॅरॅलॅक्स' पद्धत म्हणून ओळखले जाते. पेन्सिलीच्या स्थितीत घडणारा लहानसा बदल हा कोनात मोजला जातो. वस्तूचे अंतर जितके मोठे तितका हा कोन छोटा होत जातो.

ज्या दोन ठिकाणी हे मोजमाप केले जाते त्या दोन ठिकाणांमधील अंतरावरही हा कोन अवलंबून असतो. जितके हे अंतर मोठे असते तितका दूरच्या वस्तूचा मोजलेला 'पॅरॅलॅक्स' मोठा असतो.

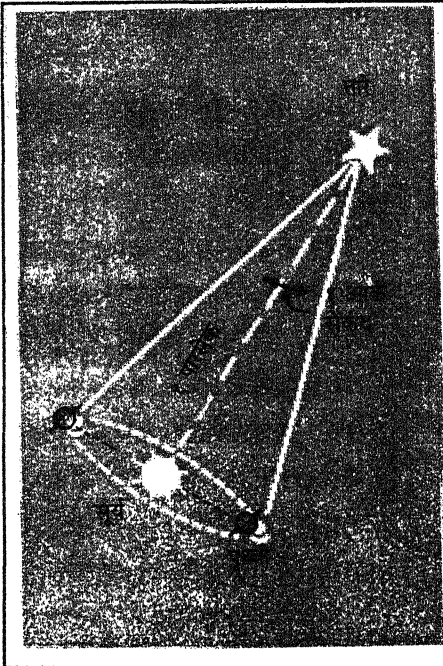
पृथ्वीवरील खूप दूर असणाऱ्या दोन ठिकाणांमधील अंतरे अत्यंत लांब अंतरावर असलेल्या ताऱ्यांच्या मानाने बरीच कमी असल्याने जुन्या कालातील खगोलशास्त्रज्ञांचे पॅरॅलॅक्स मापन करण्याचे प्रयत्न तितकेसे सफल झालेले नव्हते. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील दोन विरुद्ध बाजूच्या ठिकाणामधील अंतर केवळ १२,७०० किलोमीटर असल्यामुळे ते ताऱ्याचा पॅरॅलॅक्स मोजण्यासाठी खूप कमी असल्याचे जाणवले.

१९३८ मध्ये जर्मन खगोलशास्त्रज्ञ फ्रेडरीक विल्हेम बेसेल (१७८४-१८४६) याने मात्र एक अपूर्व, नवीन तऱ्हेचा प्रयोग केला होता. सहा महिन्यांच्या फरकाने दोन वेगवेगळया रात्री एकाच ताऱ्याचे परीक्षण करून त्याचा पॅरॅलॅक्स मोजण्याचे विल्हेम बेसेलने ठरविले.

दुसऱ्या शब्दांत सांगावयाचे तर सूर्याभोवती असलेल्या पृथ्वीच्या प्रदक्षिणा कक्षावर एकमेकांपासून ३० कोटी किलोमीटर अंतरावर असलेल्या दोन विरुद्ध बाजूच्या ठिकाणी पॅरॅलॅक्ससाठी निरीक्षण केलं गेलं. पहिल्या काही ताऱ्यांचं निरीक्षण करताना बेसेलला यश लाभले नाही. कारण पॅरॅलॅक्सचं योग्य मापन करण्यासाठी आवश्यक असलेल्या अंतराहून ते तारे फारच दूर आहेत असं दिसलं. सरतेशेवटी 'सिग्री ६१' ताऱ्यांचं निरीक्षण केल्यावर मात्र

जर्मन खगोलशास्त्रज्ञ एफ. डब्ल्यू. बेसेल याने सहा महिन्यांच्या फरकाने दोन वेगवेळ्या रात्री ताऱ्यांचे परीक्षण करून त्यांच्या पॅरॅलॅक्स चे मोजमाप केले.

पॅरॅलॅक्स फक्त ०.३ आर्क सेकंद इतक्या लहान संख्येचा होता. अर्थात त्याचं मोजमाप होईल एवढा तरी तो होता. एका अंशामध्ये (कोन संबंधी) एकूण ३६०० आर्क सेकंद असतात असं सांगितलं तर वरील ०.३ आर्क सेकंद कोन किती लहान असेल ते ध्यानात येईल. अर्थातच पॅरॅलॅक्सचे मापन आणि सूर्याभोवती असलेल्या पृथ्वीच्या प्रदक्षिणाकक्षेचा व्यास विचारात घेता बेसेल याने 'सिग्नी ६१' तारा हा आपल्यापासून सुमारे एक लाख तीन हजार अब्ज किलोमीटर अंतरावर आहे असं शोधून काढलं. म्हणजे पृथ्वी-सूर्य अंतराच्या

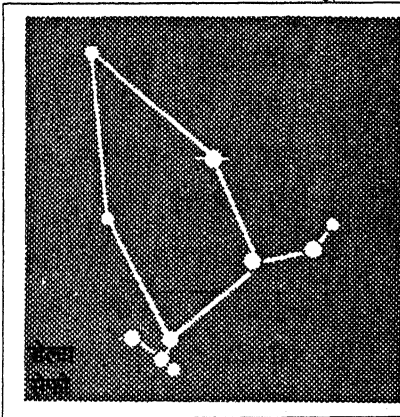
सुमारे ७ लाख पटींनी हे अंतर जास्त आहे असं दिसलं. हा शोध अतिमहत्त्वाचा ठरला. कारण त्यामुळे विश्वांतील प्रचंड अंतरांची, किंबहुना विश्वाच्या अजस्त्र विस्ताराची कल्पना येण्यास मदत झाली.

एक गोष्ट तुमच्या ध्यानात आलीच असेल की एक लाख तीन हजार अब्ज किलोमीटर ही संख्या उच्चारण्यास क्लिष्ट वाटते. जणू मुंबई-दिल्ली मधील अंतर मिलीमीटर किंवा इंचात द्यावं तसं. फारच अवघड आणि चमत्कारिक! विश्वातील अंतर मोजण्यासाठी एखादी सोपी पद्धत हवी होती. ताऱ्यांची अंतरे सांगण्यासाठी प्रकाश किरणांच्या वेगाहून आणखी वेगळी सोयिस्कर पद्धती असू शकेल का? प्रकाश किरणांना प्रवासाचा असा एक विशिष्ट वेग असतो. प्रत्येक सेकंदाला ३ लाख किलोमीटर इतका. ह्या सततच्या वेगाने एका वर्षात प्रकाश किरण सुमारे ९४०० अब्ज किलोमीटर एवढा प्रवास करतील. खगोलशास्त्रज्ञांनी ह्याला 'एक प्रकाश वर्ष' अंतर असं नाव दिलं. आपण जर हेच अंतर परिमाण 'सिग्नी ६१' ताऱ्यासंबंधी वापरलं तर तो तारा सुमारे ११ प्रकाशवर्ष दूर आहे असं सांगता येईल. स्वाभाविक प्रकाशवर्ष ही संज्ञा ताऱ्यांचं अंतर दाखविण्यास सोयीची आहे असं जाणवतं.

'पारसेक' – अंतरे मोजण्याची सोयिस्कर पद्धती

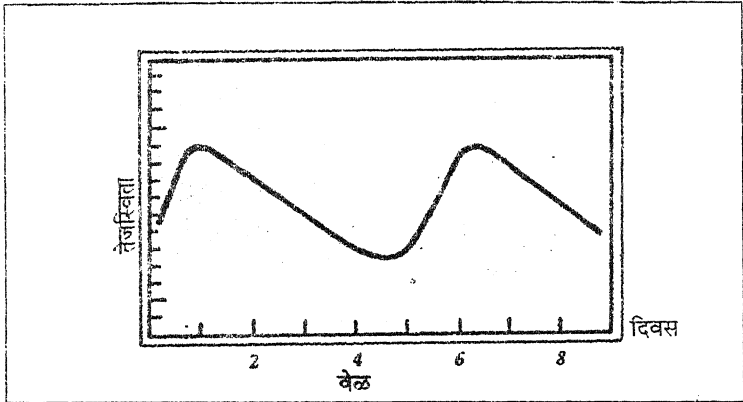
ताऱ्यांची अंतरे पॅरॅलॅक्स पद्धतीनं मोजली जात असल्यामुळे खगोलशास्त्रज्ञ अंतरे मोजण्यासाठी 'पारसेक' नावाचे आणखी

एक सोयिस्कर परिमाण वापरतात. पॅरॅलॅक्स-सेकंद ही संज्ञा असं अं
दर्शविते की जे सूर्याभोवतीची पृथ्वीची प्रदक्षिणा त्रिज्येशी एक आर्क-से
इतका कोन साधते. म्हणजे एखाद्या ताऱ्याचा पॅरॅलॅक्स चार आर्कसे
असला तर त्या ताऱ्याचे अंतर एक चर्तुथांश 'पारसेक' असेल. ह्याच्या उ
ज्या ताऱ्याचा पॅरॅलॅक्स ०.२५ आर्कसेकंद आहे, तो तारा ४ पारसेक एव
अंतरावर असणार. अर्थात एक 'पारसेक' बरोबर ३.२५६ प्रकाशवर्ष अ
उत्तर मिळतं. ज्या ताऱ्यांची अंतरे आणखी मोठी आहेत त्यांना
'किलोपारसेक' (= १००० पारसेक) ह्या परिमाणांत ओळखले जाते.

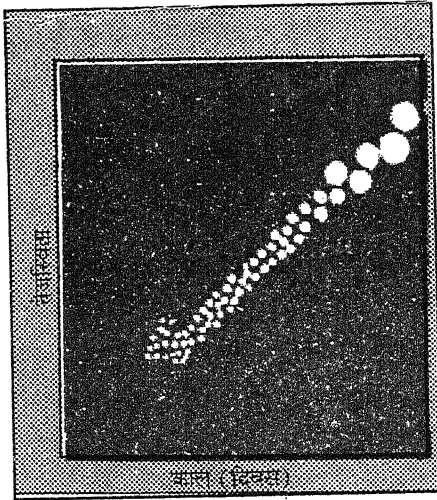
आपल्या आकाशगंगेमधील (Milky way) जवळच्या ताऱ्यांचे अं
जाणण्यासाठी पॅरॅलॅक्स पद्धतीचा उपयोग चांगला होतो. १९८० सालाप
हजारो ताऱ्यांची अंतरे ह्या पद्धतीने ओळखली गेली आहेत. परंतु ५
प्रकाशवर्षाच्या पुढे ह्या पद्धतीचा फारसा उपयोग होत नाही. कारण
पॅरॅलॅक्स संख्या फारच नगण्य होत जाते.

परंतु शास्त्रज्ञ हे नवनवीन मार्ग शोधण्यात निष्णात असतात. एख
किचकट समस्येची उकल करण्यासाठी नवीन संशोधनाचा चांगला उपर
करून घेण्यात यशस्वी होतात. येथे 'सिफीड' ह्या ताऱ्यांच्या नवसंशोधना
रुपाने याचा प्रत्यय आला. 'सेफ्यूस' नक्षत्राच्या नावावरून ह्या नवीन तऱ्हे
ताऱ्यांना ओळखलं जातं. १७
साली इंग्लिश खगोल वैज्ञा
जॉन गुडरीक (१७६४-१७८
याने 'डेल्टा सेफी' तऱ्हेचा प
तारा शोधला. 'सिफीड' वर्गा
ताऱ्यांची तेजस्विता नेहमी ठरा
पद्धतीने कमी किंवा जास्त
रहाते. म्हणूनच त्यांना 'बदल
सेफीड' असेही म्हटले जाते.
गुडरीकच्या ह्या शोधानंतर

सेफ्यूस नक्षत्र – 1784 मध्ये डेल्टा सेफ्यूस ताऱ्याचा शोध घेतला गेला.

आकाशगंगा अथवा दीर्घिकांमधील 'सिफीड' ताऱ्यांची ओळख पटली. आपल्या आकाशगंगेच्या बाहेर असलेल्या दुसऱ्या दीर्घिकांमधील अती दूर असलेल्या ताऱ्यांचा अभ्यास करताना आणखी एका अंतर मोजण्याच्या नवीन पद्धतीची ओळख झाली.

भारताच्या दक्षिण टोकाला असलेल्या कन्याकुमारी येथून तुम्ही डिसेंबर-जानेवारीतील आकाश पाहिले तर तुम्हाला लांबवर दिसणारे दोन भुरभुरीत ढगांचे तुकडे आढळतील. पोर्तुगीज प्रवासी फर्डिनंड मेगेलान (१४८० - १५२१) याने जगप्रवास करताना प्रथम हे ढग पाहिले होते. आज त्यांना आपण फर्डिनंड मेगेलान याच्या स्मरणार्थ 'मेगेलानचे ढग' असे

सिफीड तारे यांचा असा एक वर्ग आहे की त्यातील घटक विशिष्ट कालबद्धतेत ताऱ्यांची तेजस्विता कमी-अधिक झालेली दाखवित असतात.

ओळखतो. ते खरोखरीचे ढग नसून आपल्या आकाशगंगेबाहेर असणाऱ्या दुसऱ्या दीर्घिका आहेत.

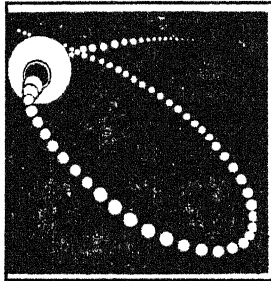
अमेरिकेतील हॉर्वड विद्यापीठातील खगोल वैज्ञानिक हेनरीटा लेव्हिट (१८६८ - १९२१) हिला १९१२ मध्ये लहान मेगेलान ढगांमधील सिफीड ताऱ्यांचा अभ्यास करताना त्यांच्यातील एक मजेशीर अन्योन्य संबंध दिसून आला. सिफीड ताऱ्यांची तेजस्विता आणि त्यांच्या तेजस्वितेत ठराविक

सिफीड ताऱ्यांच्या बाबतीत असलेली तेजस्विता आणि कालबद्धता याचा आलेख.

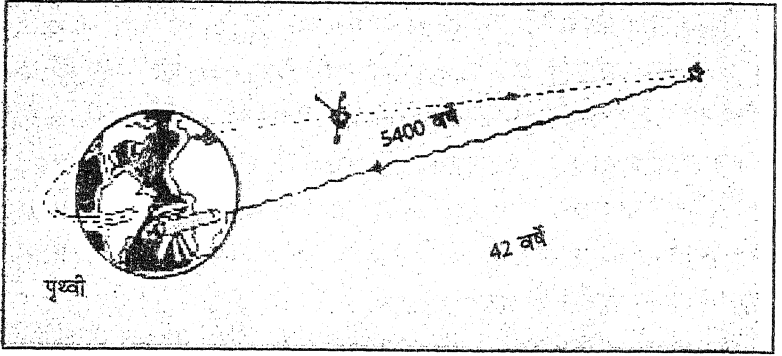
कालबद्ध स्वरुपाचे होणारे बदल यांच्यामध्ये परस्पर संबंध आहे असे आढळून आले. अशा निष्कर्षाप्रत येण्यासाठी लेव्हिट हिने काही गृहिते अध्याहृत धरली. तिने अभ्यासिलेले २५ सिफीड तारे एकाच दीर्घिकेमधील असल्याने ते सर्व तारे सारख्याच अंतरावर असावेत असं तिचं मत होतं. उदा. मुंबईतील तुमच्या घरापासून अमेरिकेतील न्यूयॉर्कमधील कुठल्याही घरापर्यंतचे अंतर मोजण्यासारखेच हे आहे. न्यूयॉर्क हे शहर जरी खूप मोठे असले तरी तुमच्या घरापासून तेथील सर्व घरे सारख्याच अंतरावर असतील असे मानण्यास हरकत नाही. हजारो किलोमीटर अंतरामध्ये काही वीस-पंचवीस किलोमीटर अंतराचा काय फरक पडणार आहे?लेव्हिटची कारणमीमांसा योग्य होती. लेव्हिटने नंतर असे सिद्ध केले की सिफीड तारा जितका अधिक तेजस्वी तितकी त्या ताऱ्याची तेजस्विता अंधुक स्थितीत आणि अंधुक स्थितीतून पुन्हा तेजस्वी होण्याचा कालावधी जास्त असतो. परंतु कमी तेजस्वी असलेल्या ताऱ्यांच्या बाबतीत हाच कालावधी कमी असतो. काही वेळा ही कालप्रक्रिया एका दिवसापेक्षाही कमी तर कधी दोन महिन्यांपर्यंतही सुरू असते.

आता जर खरोखरीच सिफीड ताऱ्यांची प्रत्यक्ष तेजस्विता (Absolute Magnitude) आणि कालबद्धता यांचा परस्पर संबंध असेल आणि त्यांची प्रत्यक्ष तेजस्विता माहीत असेल तर त्यांचे अंतर सोप्या गणिताने मिळू शकेल.

उदाहरण म्हणून सांगता येईल की, जर दोन सिफीड ताऱ्यांची कालबद्धता (Period) सारखी असून त्यांतील एक तारा दुसऱ्या ताऱ्याच्या फक्त एक चतुर्थांश तेजस्वी असेल तर लेव्हिटची परस्पर संबंध (Correlation) चिकीत्सा आणि व्यस्तवर्ग (Inverse Square) नियम वापरून असं म्हणता येईल की त्या दोहोंमधील कमी तेजस्वी तारा दुसऱ्याच्या दुप्पट लांब अंतरावर असेल. व्यस्तवर्ग नियमाप्रमाणे तेजस्वी ताऱ्याची अप्रत्यक्ष तेजस्विता (Apparent brightness) ही निरीक्षकापासून असलेल्या त्याच्या अंतराच्या वर्गाशी व्यस्त प्रमाणात बदलते. म्हणजे अंतर जर दुप्पट झालं असेल तर त्या वस्तूची तेजस्विता एक चतुर्थांश एवढीच होते. परंतु येथे एक त्रुटी जाणवते. ती अशी की, किमान एका सिफीड ताऱ्याची प्रत्यक्ष तेजस्विता आपणास माहीत असेल तर लेव्हिटच्या अन्योन्य संबंध नियमाप्रमाणे दोन किंवा अधिक सिफीड ताऱ्यांची सापेक्ष अंतरे ध्यानात येतील. परंतु अचूक अंतर सांगता येणार नाही.

खगोल वैज्ञानिकांनी अशा प्रकारच्या समस्येवर मात करण्याची कल्पना लढवली. त्यासाठी एकंदर आकाशातील वस्तूंच्या पार्श्वभूमीवर ताऱ्यांच्या स्थितीत अनेक वर्षांत घडणारे बदल त्यांनी मोजले. पृथ्वीच्या संदर्भात ताऱ्यांच्या समूहात त्यांच्या गतीमुळे असे लहानसे बदल निर्माण होत असतात. ज्यामध्ये सिफीड ताऱ्यांचाही समावेश होतो अशा ताऱ्यांच्या अनेक समूहांमध्ये घडणारे बदल मोजले गेल्यामुळे खगोलशास्त्रज्ञांना त्यांची अंतरं जाणून घेणं शक्य झालं. अर्थात त्यामुळे सिफीड ताऱ्यांच्या तेजस्वितेनुसार त्यांची प्रत्यक्ष तेजस्विता प्रत नक्की ठरविणं सोपं झालं. ज्या सिफीड ताऱ्याची प्रत्यक्ष तेजस्विता प्रत -2.3आहे, त्याचा काल दिवसापेक्षा थोडासाच कमी आहे असं शोधलं गेलं. ही एक महत्त्वाची घटना होती. कारण त्यामुळे खगोलवैज्ञानिकांच्या हाती कित्येक दशलक्ष प्रकाशवर्षं अंतरापर्यंत पसरलेल्या विश्वाचा पसारा जाणून घेण्याची क्षमता आली.

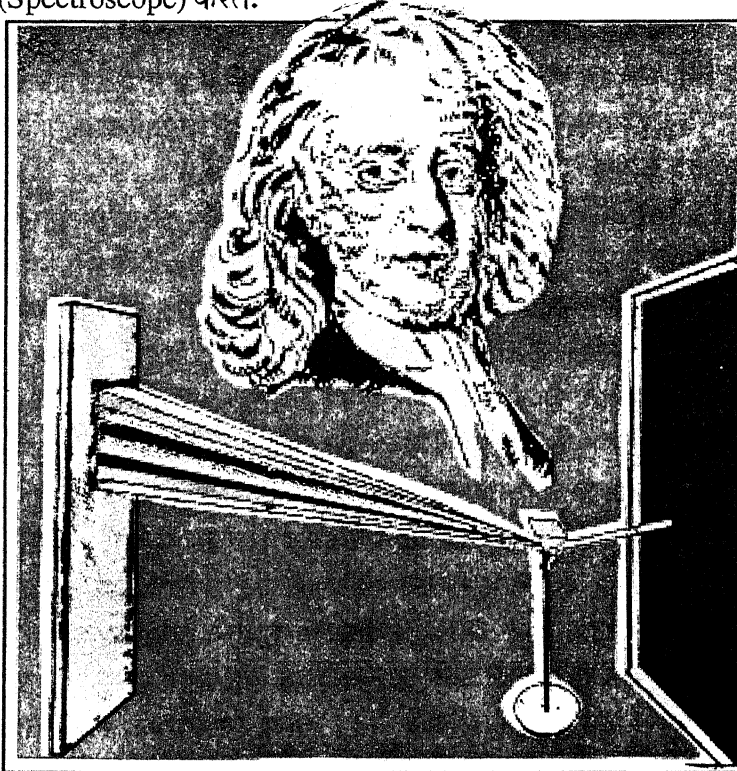
ताऱ्यांचे प्रकाश संदेश

एकदा तारे किती दूर आहेत हे स
आल्यानंतर ते कशाचे ब
असावेत हे जाणून घेणं ही त्याच्या
पायरी होती. अर्थात एखाद्याजवळ
ताऱ्यापर्यंत अंतरिक्ष यान पाठवून
द्रव्यांचा शोध घेणं हा एक मार्ग होत
ही योजना दोन कारणांस्तव व्यवहा
हे कळून आलं. प्रथम म्हणजे
प्रकाशवर्ष अंतरावर असलेला अ
पृथ्वीचा सर्वात जवळचा तारा प्रॉ
सेंटॉरी (Proxima Centauri) ये
कृत्रिम मानवी उपग्रह पाठविण्या
ठरविलं आणि हल्लीच्या उपग्
वेगवान गतीची कल्पना केली त
ताऱ्यावर पोहोचण्यास उपग्रहाला ५
वर्षे लागतील असं ध्यानात येतं
कारण हे की समजा जरी कृत्रिम उपग्
पोहोचलाच तरी ताऱ्यामधील
उष्णतेमुळे तो क्षणार्धात भस्मसात
आपला सूर्य हा सुद्धा एक तारा आहे
इतर ताऱ्यांपेक्षा तो आपल्या खूप ज
आहे. अर्थात तो आपल्याजवळ
इतक्याच कारणास्तव त्याचा अ
केल्यामुळे ताऱ्यांच्या
प्रकारांबद्दलची माहिती मिळणार न
तितकेच खरं.

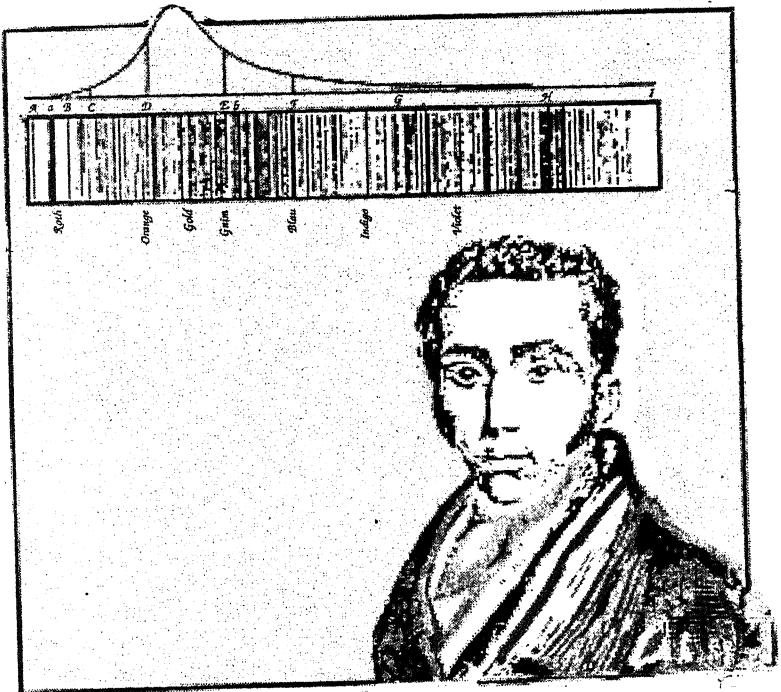
सुदैवाने तारे आपल्

ताऱ्यांचा प्रकाश आपल्यापर्यंत त्वरेने पोहोचतो आणि खूप माहिती देऊ शकतो.

प्रकाशकिरणांच्या माध्यमातून एका अर्थाने सांकेतिक पद्धतीचे संदेश सतत पाठवीत असतात. ह्या प्रकाशामधील सांकेतिक संदेशाचे पृथःकरण करून खगोलशास्त्रज्ञ ताऱ्यांचे तपमान, त्यांची जडणघडण इ. आश्चर्यकारक माहिती जाणून घेऊ शकतात.

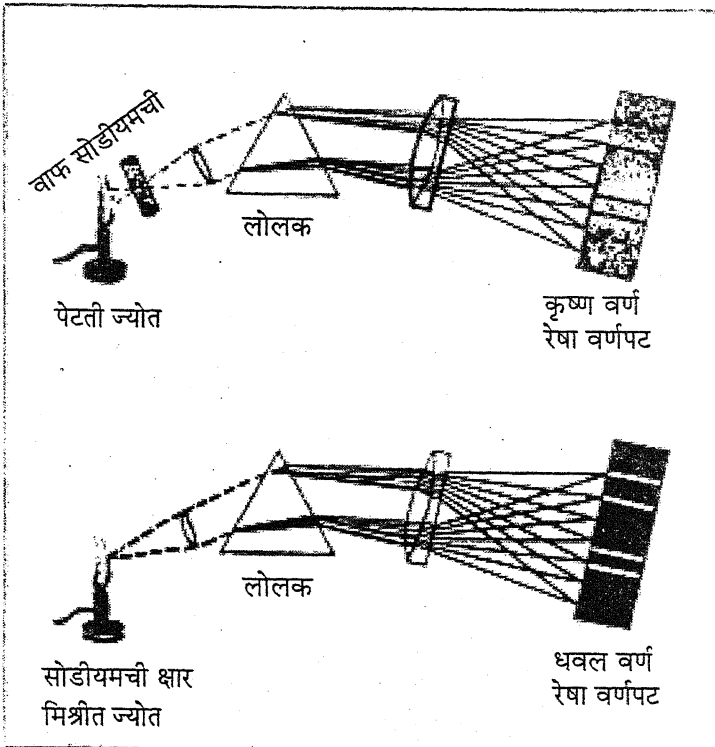
ताऱ्यांची माहिती जाणून घेण्यासाठी शास्त्रज्ञ काय काय करतात? त्यासाठी आपण रंगापासून सुरुवात करु या! आपण आधी पाहिलं आहे की साध्या डोळ्यांनी पहाणाऱ्याला तारे वेगवेगळया रंगांचे दिसतात. जशी ताऱ्याची तेजस्विता त्याच्या तेजस्विता प्रतीवरुन ओळखली जाते, तद्धत ताऱ्याचा रंग ओळखण्याकरीता एक संख्या दिली की ज्याला रंगनिर्देशांक (Colour Index) म्हटलं जातं. जर रंगनिर्देशांक शून्य असेल तर या ताऱ्याला पांढऱ्या रंगाचा तारा म्हणून ओळखतात. आणि जर रंगनिर्देशांक शून्याहून जास्त असेल म्हणजेच अधिक (Positive)बाजूकडे झुकलेला असेल तर ताऱ्याचा रंग तांबूस दिसेल. उदा. सायरस तारा (व्याध) हा पांढऱ्या रंगाचा असतो आणि त्याचा रंगनिर्देशांक शून्य आहे, तर आपल्या सूर्याचा रंगनिर्देशांक ०.८१ असून तो पिवळ्या रंगाचा आहे. ह्याच्याविरुद्ध बीटलगुज (आर्द्रा) आणि अन्टारेस (ज्येष्ठा) तारे लाल रंगाचे असून त्यांचा रंगनिर्देशांक १.५ इतका आहे.

एकदा का ताऱ्याचा रंगनिर्देशांक समजून आला की मग ताऱ्याच् पृष्ठभागाच्या तपमानाचा अंदाज बांधणं सोपं होतं. ज्याप्रमाणे तापविलेल लोखंडाचा रंग फिक्कट लाल पासून पिवळ्या रंगाकडे बदलत जातो, आणि जास्त तापविल्यानंतर त्याचा रंग तेजस्वी पांढरा होत जातो. ताऱ्याच् रंगनिर्देशकाचेही तसेच होते. एक नियम किंवा ठोकताळा म्हणून आपण अ म्हणू की निळे किंवा पांढऱ्या रंगाचे तारे हे अत्यंत तप्त असतात तर पिव अथवा लाल रंगाचे तारे थंड भासतात.

ताऱ्यांपासून निघालेल्या आणि आपल्यापर्यंत पोहोचलेल्या प्रकाशाच् माध्यमांतून आलेले सांकेतिक संदेश ओळखण्याचे काम वर्णपट उपकर (Spectroscope) करते.

न्यूटन आणि प्रकाश वर्णपट

आयझॅक न्यूटन यानेच प्रथम वर्णपट उपकरणाच्या तंत्रज्ञानाचा पाया घातला. असं म्हणतात की १६६० साली न्यूटनने आपल्या घरमालकिणीच्या खिडकीवरील शेडला एक भोक पाडले, आणि त्यामधून येणारा सूर्यप्रकाश लक्षपूर्वक पाहिला. ज्यावेळी त्या चिंचोळ्या फटींतून येणाऱ्या सूर्यप्रकाशासमोर न्यूटन याने एक काचेचा लोलक (Prism) ठेवला, तेव्हा त्याला अत्यंत आश्चर्यकारक परिणाम पहावयास मिळाला. काचलोलकाच्या दुसऱ्या बाजूने बाहेर पडणारा प्रकाश केवळ पांढऱ्या रंगाच्या प्रकाशाचा पट्टा नव्हता तर लाल, नारिंगी, पिवळा, हिरवा, निळा आणि जांभळ्या रंगांनी युक्त असे एक मोहक रंगधनुष्यच होते. त्यालाच वर्णपट असेही म्हटले जाते. असं असलं तरी आपल्या शोधाचा ताऱ्यांच्या वर्णपटांचा अभ्यास करण्यासाठी उपयोग करावा असं न्यूटनच्या मनांत आलं नाही. इतकेच नव्हे तर आश्चर्याची बाब म्हणजे त्याला हे तंत्र वर्णपटाचाअभ्यास करण्याकरीता वापरता येऊ

फ्रॉनहॉफर आणि त्याने शोधलेल्या काळ्या वर्णरेषा

शकेल असही सुचलं नाही.

वर्णपट तपासण्याच्या नवीन तंत्राचा उपयोग करून पहिला अभ्यासले
तारा म्हणजे आपला सूर्य होता. १८१४ साली जोसेफ फॉन फ्रॉनहॉफ
(१७८७ - १८२६) ह्या जर्मन चष्मे बनविणाऱ्या व्यापाऱ्याने न्यूटनच्या पु
आघाडी मारली. काच लोलकामधून प्रकाशझोत जाऊ देण्याअगोदर त्या
तो एका अती चिंचोळ्या फटींतून पाठविला. त्याला नंतर जे काही आढळ
ते अपेक्षेबाहेरचे होते. रंगीत इंद्रधनुष्याच्या पट्ट्यांत त्याला शेकडो समांत

*काळ्या वर्ण रेषांचं अस्तित्वकारण सिद्ध करण्यासाठी बुनसेन आणि किरश्चॉफ यांचा प्रयोग. व
चित्रांत ज्योतींतून बाहेर पडणारे सर्व तरंगलांबीचे प्रकाशकिरण दिसतात. हे प्रकाशकिरण सोडि
वाफेतून जाताना काही रंग शोषले जातात. वर्णपट तयार होताना जिथे प्रकाशातील रंग शोषले जा
तेथे काळ्या वर्णरेषा म्हणजेच रिकाम्या जागा(gaps) तयार होतात. ज्यावेळी सोडीयम द्र
ज्योतीवर टाकले जाते (खालील चित्र) त्यावेळी पिवळ्या रंगाचे उत्सर्जन होते आणि वर्णप
तेजस्वी रेषा दिसू लागतात.*

काळ्या वर्णरेषा आढळून आल्या. फ्रॉनहॉपरने स्वत: ७०० पर्यंत काळ्या वर्णरेषा मोजल्या. परंतु त्या कशा निर्माण झाल्या असाव्यात याची काहीच कल्पना आली नाही. असं असलं तरी त्याचं नाव ह्या रेषांमुळे अजरामर झालं आणि ह्या काळ्या वर्णरेषांना फ्रॉनहॉपर रेषा म्हणून तेव्हांपासून ओळखू लागले.

काळ्या वर्णरेषांबद्दलचं गूढ पुढे चार दशके कायम राहिलं होतं. काही विज्ञान शास्त्रज्ञांच्या मते ह्या रेषांचा संबंध सूर्यामध्ये असणाऱ्या रासायनिक द्रव्यांशी असावा असा कयास होता.

परंतु त्यासंबंधी काही पुरावा हवा होता आणि तसा त्यांना तो मिळालाही.

१८५९ सालाच्या सुमारास रॉबर्ट विल्हेम बुनसेन (१८११ - १८९९) आणि गुस्टाव्ह रॉबर्ट किरश्चॉफ (१८२४ - १८८७) हे दोन जर्मन वैज्ञानिक बुनसेन स्टोव्हवर निरनिराळी रासायनिक द्रव्ये तापवून त्यामधून बाहेर पडणाऱ्या रंगांचा अभ्यास करीत होते

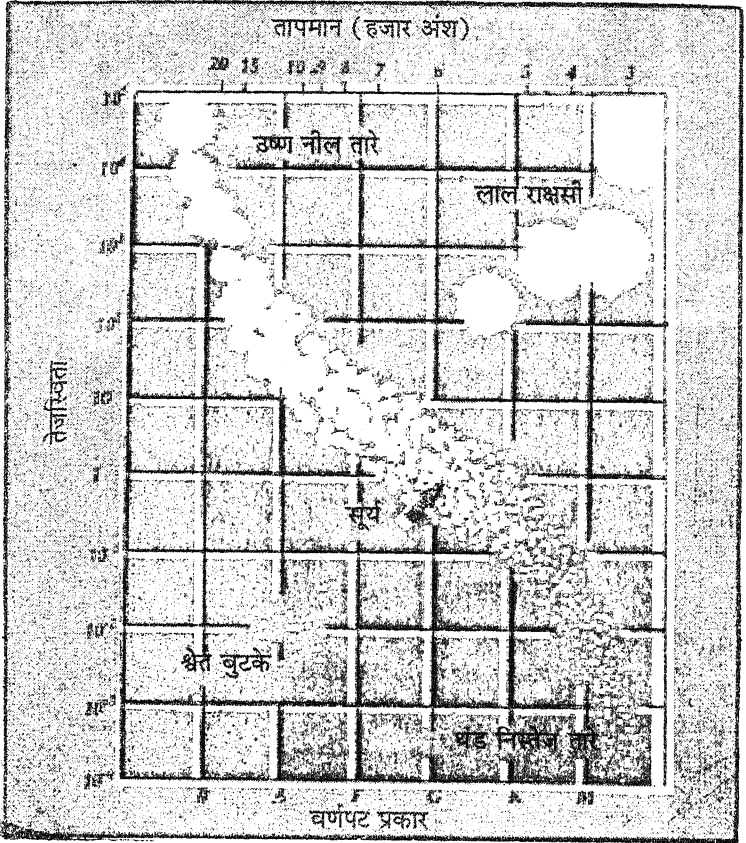
दिवाळीच्या वेळी उडविण्यात येणाऱ्या फटाक्यांमधून अशाच प्रकाराने आकाशात निरनिराळ्या मोहक रंगांची बरसात निर्माण करण्यासाठी फटाक्यांचे उत्पादक दारुच्या पावडरीसमवेत वेगवेगळी रासायनिक द्रव्ये (Salts) मिसळतात. रस्ते उजळणारा पिवळा प्रकाश पाहून सोडीयम द्रव्य तेजस्वी पिवळे रंग उत्पन्न करते हे लगेच पटतं. स्ट्रॉन्शियम द्रव्य वापरलं तर गडद निळसर किरमिजी रंग पसरतो तर तांब्याचं द्रव्य हिरवा रंग उधळते. परंतु हे रंग साधारण तऱ्हेचे नव्हेत हे ध्यानात

मेघनाद सहा यांनी ताऱ्यांच्या वर्णपटांचा अर्थ लावला.

आलं. बुनसेन आणि किरश्चॉफ यांनी वर्णपट शोधकाच्या (Spectroscope) सहाय्याने ज्योतीमधील रंग तपासले तेव्हा त्यांना काळ्या रंगाच्या पार्श्वभूमीवर कितीतरी तेजस्वी आणि तीक्ष्ण वर्णरेषा आढळल्या. याहून अधिक महत्त्वाचं काय असेल तर जणूकाही काहीही साम्य नसणाऱ्या माणसांच्या बोटांच्या ठशांप्रमाणे प्रत्येक द्रव्यामुळे अतिशय वैशिष्ट्यपूर्ण रेषासंच निर्माण होत असतो. परंतु एका गोष्टीमुळे मात्र हे दोन्ही शास्त्रज्ञ गोंधळात पडले. ज्योतीमधून तेजस्वी रेषा का निर्माण होतात आणि सूर्यप्रकाशामुळे मात्र रेषा कृष्णवर्णी का? लवकरच त्यांना प्रश्नाचं उत्तर सापडलं. तेजस्वी ज्योतीमधील प्रकाश ज्यावेळी सोडीयमच्या वाफेतून आरपार गेला, त्यावेळी ज्या वर्णपटात तेजस्वी रेषा दिसत होत्या, बरोबर त्याच जागेवर आता सलगपणे कृष्णवर्णी रेषा दिसायला लागल्या होत्या. त्याचा अर्थ तेच वापरलेले रासायनिक द्रव्य कृष्णवर्णी आणि तेजस्वी रेषाही उत्पन्न करू शकते हे स्पष्ट झाले. फक्त हे सर्व त्या द्रव्याच्या असलेल्या त्यावेळच्या स्थितीवर अवलंबून रहाते. दोन्ही प्रकारात रेषांचे स्थान हे त्या त्या द्रव्याचे गुणविशेष दाखविते. अखेरीस कृष्णवर्णी रेषांच्या बाबतीत असलेली गूढता संपली आहे असं वाटलं होतं.

पण खरोखरीच तसं ते नव्हतं याची लवकरच प्रचीती आली. सूर्याशिवाय इतर ताऱ्यांच्या वर्णपटांचा अर्थ लावताना खगोलशास्त्रज्ञ संभ्रमात पडले. वर्णपटांतील बऱ्याचशा रेषांचे स्पष्टीकरण रुढ संकेतानुसार मिळत नव्हते.

विशेष म्हणजे माहीत असलेल्या द्रव्यांशी त्या रेषा जुळत नव्हत्या. शेवटी भारतीय शास्त्रज्ञ मेघनाद सहा (१८९३-१९५६) यांनी हा गुंता सोडविला. ताऱ्यांमधील अतितप्त वातावरणात काही मूलभूत द्रव्य ही 'आयन' स्वरूपात असली पाहिजेत असं मानलं तर वर्णपटांतील सर्व रेषांचं स्पष्टीकरण देता येऊ शकेल असे डॉ. सहा यांनी केलेल्या गणिती आकडेमोडीने दाखवून दिले;ही एक असामान्य घटना होती. डॉ. सहा यांनी मांडलेले समीकरण 'आयनीकरण' प्रक्रियेशी निगडीतअसल्याने ते ताऱ्यांच्या तपमानाचा अंदाज घेण्यासाठी उपयोगी पडत असे.

ताऱ्यांमध्ये प्रत्यक्षात कोणकोणती द्रव्ये आहेत हे ओळखता येणं आता शक्य झालं. इतकेच नव्हे तर ती किती प्रमाणातआहेत हेही समजून येण्यास

हर्टझस्प्रंग – रसेल आलेख आकृती

मदत झाली. ताऱ्यांच्या वातावरणात हैड्रोजन आणि हेलियम ही मूलभूत द्रव्ये खूप मोठ्या प्रमाणात असून त्याहून अधिक जड असणारी मूलभूत द्रव्ये फक्त एक टक्का आहेत असंही आढळून आलं. तसेच वर्णपटांच्या विश्लेषणांवरुन तारे आकाराने किती मोठे असावेत हे खगोलवैज्ञानिकांना कळून आलं.

सुमारे पाच लाखांच्यावर विविध ताऱ्यांच्या वर्णपटांची नोंद आणि त्यांचे विश्लेषण केल्यावर प्रकर्षाने एक गोष्ट लक्षात आली ती अशी की सर्व ताऱ्यांचे वर्णपटांतील रेषांच्या गुणानुसार ठळकपणे सहा विभाग पाडता येतात. ह्या

विभागांना वर्णपटांचे वर्ग (Spectral Classes) असेही ओळखले ज
आणि त्यांना O, B, A, F, G, K आणि M अशी नावं दिली गेली आहे
वर्णपटांचे हे वर्ग प्रामुख्याने ताऱ्यांचे तपमान दर्शवितात. जसे 'ओ' वर्गा
तारे सर्वात जास्त तप्त असतात आणि त्यांच्या पृष्ठभागाचे तप
३०,००० अंशाच्याही पुढे असते. ह्या उलट शेवटच्या 'एम' वर्गातील
बरेच थंड असतात. त्यांचे तपमान सुमारे ३,००० अंशाच्या आस
असते. आपल्या सूर्याच्या पृष्ठभागाचे तपमान अंदाजे ६,००० अंश अ
त्याचा 'जी' वर्गात समावेश केला जातो.

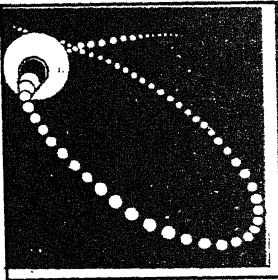
इतक्या मोठ्या प्रमाणावर ताऱ्यांबद्दलची माहिती गोळा झाल
साहजिकच त्यांचे अन्योन्य संबंध शोधण्याचे प्रयत्न झाले आणि १९१४ स
त्यांना एक संबंध सापडलाही. जेव्हा ताऱ्यांची तेजस्विताप्रत आणि वर्णप
वर्ग यांचा आलेख काढला गेला तेव्हां वर डावीकडून खाली उजवीकडे
तारे कर्णरिषेत पसरलेले आहेत असं दिसलं. ह्या आकृतीलाच डॅ
खगोलशास्त्रज्ञ एजनर हर्टझस्प्रंग (१८७३-१९३७) आणि अमेरिकन
रसेल (१८७७-१९५७) यांचे नाव दिले गेले.

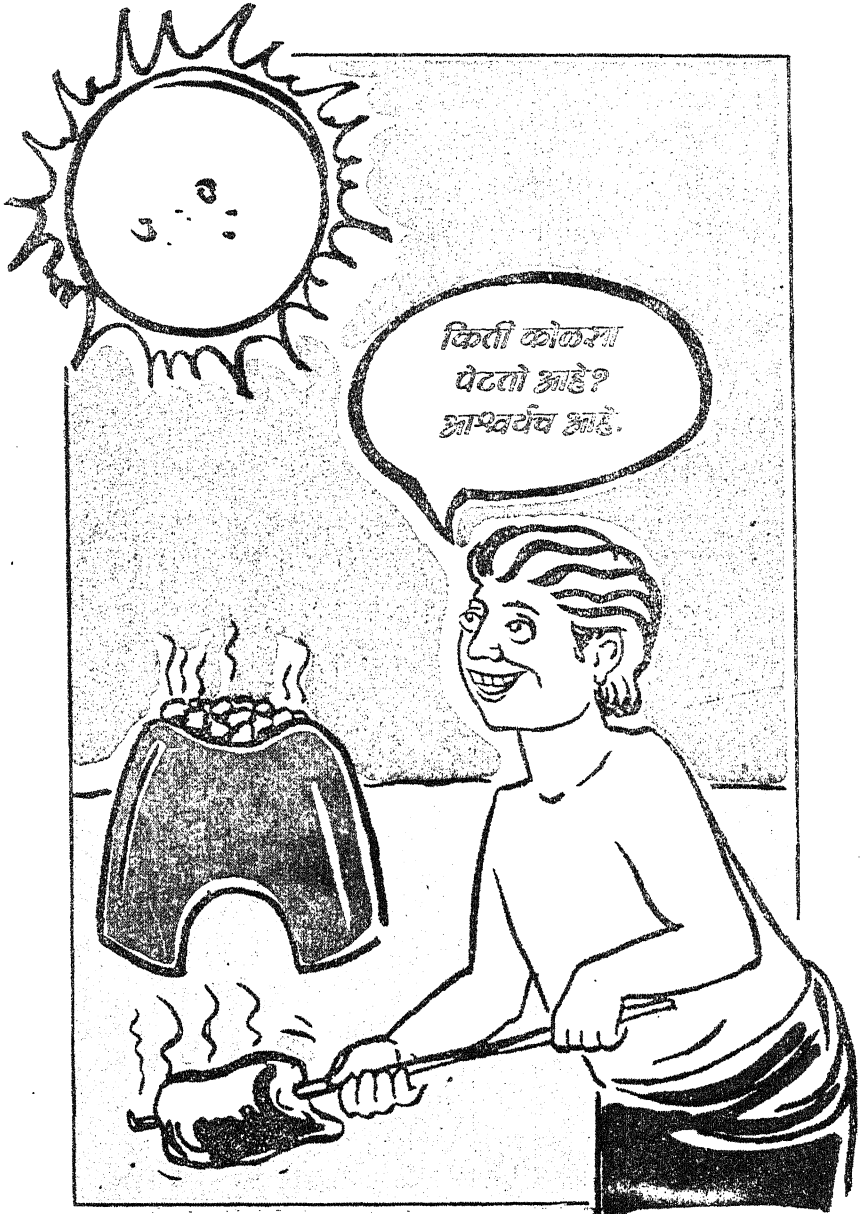
हर्टझस्प्रंग - रसेल आलेख आकृती ताऱ्यांच्या विविध प्रकारांची
माहिती पुरविते. उदा. आलेखाच्या कर्णरिषेच्या रुंद पट्ट्यांत येणाऱ्या ताऱ्य
तेजस्विता किंवा प्रत्यक्ष तेजस्विता प्रत ही 'ओ' प्रकारच्या तप्त ताऱ्यांपा
तुलनेने थंड असलेल्या 'एम' प्रकारच्या ताऱ्यांकडे जाताना कमी होत
असे आढळते आणि हे अपेक्षेनुसारच असते. खगोलवैज्ञानिक या रुंद पट्ट्य
'मेन सिक्वेन्स' (ताऱ्यांचा प्रमुख पट्टा) नावाने ओळखतात. एकूण ताऱ्यां
जवळजवळ ८० ते ९० टक्के दृश्यमान तारे ह्या ताऱ्यांच्या प्रमुख पट्ट्यां
समाविष्ट झालेले दिसतात. आणि 'ओ' वर्णपट ताऱ्यांच्या वर्गाकडून '
वर्णपट वर्गातील ताऱ्यांकडे जात असताना त्यांची तेजस्विता कमीकमी
जाते.

आपल्या सूर्याचे स्थान आलेखाच्या साधारण मध्यावर आहे. परंतु प्र
ताऱ्यांच्या पट्ट्यापासून विलग झालेले अनेक तारे आलेखांतील आकृती
उजवीकडे वरच्या टोकाला तसेच काही तारे डावीकडील खालच्या अंग
स्थानापन्न झालेले तुम्हांला दिसतील. हे तारे कुठल्या ताऱ्यांसारखे आहे
कदाचित थोड्याशा कल्पनाशक्तीने तुम्हीच याचं उत्तर शोधू शकाल.

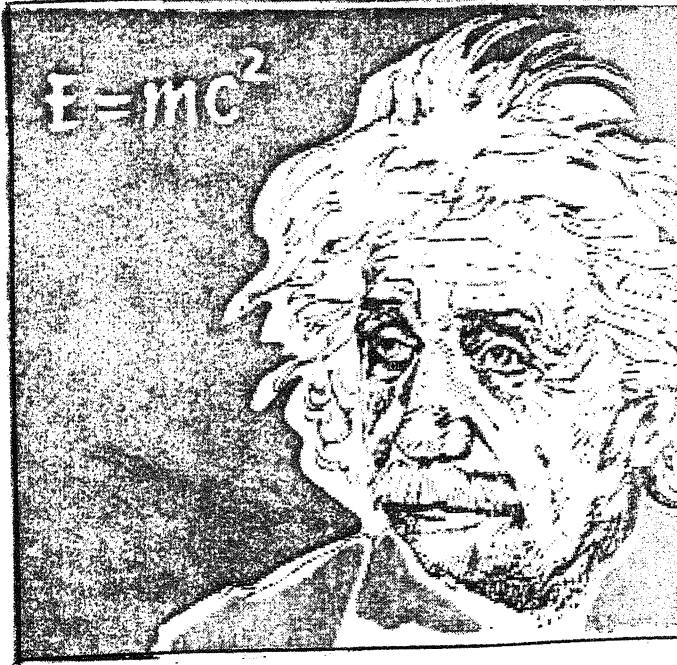
आता उजवीकडील वरच्या कोपऱ्यात जे तारे आहेत ते ध्यानांत घ्या. ताऱ्यांच्या वर्णपट वर्गाचा विचार केल्यास येथील तारे 'जी' आणि 'एम' वर्गातील असून अर्थात थंड आणि लाल रंगाचे आहेत हे निश्चित. परंतु ज्या अर्थी ते आलेखाच्या वरच्या अंगाला आहेत त्या अर्थी ते खूप तेजस्वीही असले पाहिजेत. प्रथमदर्शनी ही दोन्ही गुणवैशिष्ट्ये परस्पर विसंगत वाटतात, पण तसे समजण्याची जरूरी नाही. त्यांचा आकार खूप मोठा असेल तर मुळीच नाही. ह्या कोपऱ्यांत जागा व्यापणारे तारे 'महाकाय किंवा राक्षसी तारे' असतात. रंगाने ते लाल दिसतात म्हणून खगोलशास्त्रज्ञ त्यांना 'लाल राक्षसी' तारे असं संबोधतात. तशाच प्रकारे हर्टझस्प्रंग - रसेल आलेखाच्या (एच-आर आलेख) डाव्या बाजूच्या खालच्या अंगाला असलेल्या, आकाराने लहानखोर आणि तप्त ताऱ्यांना 'व्हाईट ड्वार्फ, (सफेत खुजे) तारे म्हणून ओळखले जाते. जर ताऱ्याची तेजस्विता प्रत आणि वर्णपट वर्ग यासंबंधी माहिती असेल तर पर्यायाने 'एच-आर' आलेखाचा उपयोग ताऱ्याचा आकार निश्चित करण्यासाठी केला जाऊ शकतो. परंतु आकाराने मोठे किंवा छोटे तारे कसे तयार होतात? एवढे तेज बाहेर फेकण्यासाठी आवश्यक असलेली शक्ती ते कशी पैदा करतात? आणि तसेच एकमेकांहून इतके भिन्न ते कसे बनतात? ह्या प्रश्नांची उत्तरे मिळविण्याआधी आत्तापर्यंत आपण काय प्रगती केली आहे ते पाहूया.

वर्णपटांचा अभ्यास सुरु केल्यानंतरच ताऱ्यांच्या खऱ्या शास्त्रीय अभ्यासाला आकार येऊ लागला. वर्णपटांच्या अभ्यासामधून केवळ ताऱ्यांच्या रासायनिक प्रकृतीची उकल झाली नाही; तर त्यांचे आकारमान आणि तपमानही कळू शकले. 'एच. आर.' आलेखाच्या रुपाने झालेल्या प्रगतीमुळे ताऱ्यांच्या अभ्यासाला एक प्रकारची नवीन दिशा मिळाली. ताऱ्यांच्या जडणघडणीसंबंधीची प्रथमच ठोस कल्पना आली, तसेच ताऱ्यांचा जन्म-मृत्यू आणि विकास यांविषयीचे ज्ञान झाले.

ताऱ्यांचा जन्म

आकाशातील तारे चिरंतन, शाश्वत आहेत असे सर्वांचे मत. आदि आणि अंत नसलेले, म्हणजेच कायमस्वरुपी हे तारे आहेत असाच युगानुयुगे समज होता. खगोलशास्त्रज्ञही शतकानुशतके असाच विचार करीत आले. परंतु आपल्याला केवळ प्रकाशाच्या बिंदूसारखे दिसणारे तारे प्रत्यक्षात मात्र तप्त वायूंनी धगधगणारे गोल आहेत असं समजून आल्यानंतर जुनी कल्पना सोडून द्यावी लागली. तारे जर तप्त आणि उष्णतेमुळे झळकणारे आहेत तर मग उष्णता निर्माण करण्यासाठी ते काही वस्तूंचे निश्चितच ज्वलन करीत असले पाहिजेत! तसे जर असेल तर मग प्रथम जेव्हा ज्वलन सुरु झाले तेव्हा त्यांची सुरुवात म्हणून आणि ज्यावेळी सर्व सरण संपले त्यावेळी शेवट म्हणून हे सर्व घडावयास हवे. शेगडीमध्ये पेटविलेल्या लाकडाचा किंवा कोळशाचा जसा राखेत शेवट होतो तसेच ताऱ्यांच्या बाबतीतही काहीतरी घडत असावे नक्की. परंतु प्रश्न पडतो तो असा की तारे काय जाळत असतील आणि अग्नी कसा प्रज्वलीत होतो?

पृथ्वीवर ज्या पद्धतीने इंधन जाळून

सूर्यामध्ये पेटलेली आग ही कोळशाच्या ज्वलनामुळे आहे,
असा एकेकाळी लोकांचा विश्वास होता.

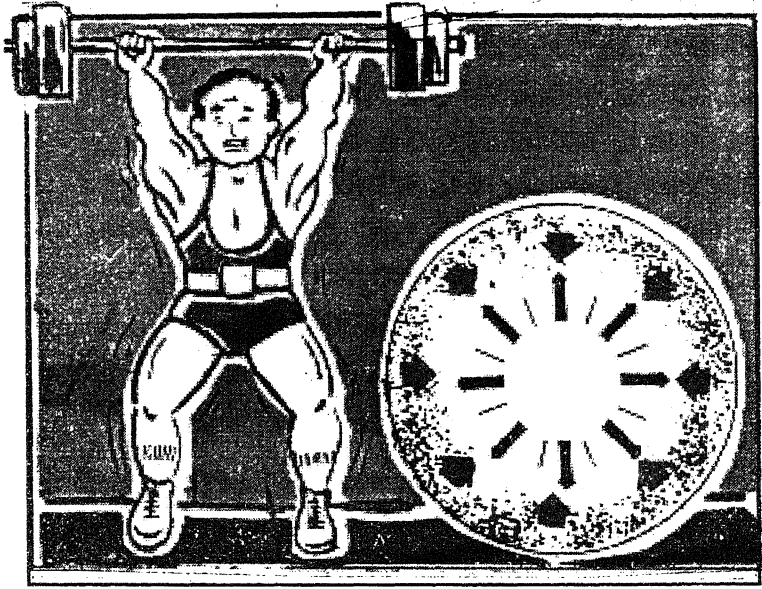
प्रकाश उत्पन्न केला जातो तशाच काहीशा प्रकाराने तारे प्रकाश उत्पन्न
असतील का? ह्या विचाराने लोक बराच काळ गोंधळात पडले
एकोणिसाव्या शतकातील ऊर्जा निर्माण करण्याचा माणसाचा सर्वात
उपाय म्हणजे कोळशाचे ज्वलन करणे. पर्यायाने मग ताऱ्यामधील इंधन दे
कोळसा का असू नये? आजच्या घडीला ही कल्पना अगदी हास्यास्पद
परंतु आण्विक ऊर्जाप्रकार येण्याआधी तसे झालेले नव्हते.

ती कल्पना कशी गैरवाजवी होती हे साध्या आकडेमोडीने सिद्ध
पृथ्वीवरील एकूण वस्तुमानाच्या सुमारे तीन लाख तीस हजार पट अ
असणारे सूर्याचे वस्तुमान हे सर्वच्या सर्व कोळसा आणि ऑक्सिजन
यांनी भरलेले असेल असे जरी मानले आणि सूर्य किंवा त्या प्रक
कुठल्याही ताऱ्यामध्ये आज होणाऱ्या ज्वलनाच्या वेगाशी तुलना केली त

आण्विक ऊर्जेचे गुपित अल्बर्ट आईनस्टाईन याने उघड केले.

दिसते की १५०० ते २००० वर्षांहून अधिक काळ हा इंधन साठा पुरणार नाही. याचा अर्थ असा होईल की ख्रिस्त कालगणनेएवढंच सूर्याचं अस्तित्व आहे. आणि अर्थात हे विधान विपर्यस्तच दिसते.

१८५४ मध्ये आणखी एक जर्मन वैज्ञानिक हर्मान लुडविग फर्डीनांड फॉन हेल्महोल्टझ (१८२१-१८९४) याने दुसरा पर्याय सुचविला. त्याच्या मते गुरुत्त्वाकर्षणीय आकुंचनामुळे म्हणजेच सूर्यकेंद्राकडे सूर्यामधील वस्तुमानाच्या सतत पडण्याच्या क्रियेमुळे पुरेशी ऊर्जा उत्पन्न होत असावी. उंचावरून पडणारा एखादा खडक किंवा धोंडा ज्याप्रमाणे ऊर्जासंग्रह करतो तद्वत गुरुत्त्वाकर्षण दाब प्रभावामुळे सूर्यकेंद्राकडे पडणारे सूर्यामधील वस्तुमान ऊर्जा संपादन करते आणि ती उष्णतेच्या रुपाने बाहेर फेकते असा हेल्महोल्टझ याने निर्देश केला.

परंतु ही कल्पना देखील शेवटी पटू शकली नाही. त्याचे काय झाले, हेल्महोल्टझच्या कल्पनेने भारावलेला आणि पुढे लॉर्ड केल्व्हीन या नावाने नावारुपास आलेला ब्रिटीश शास्त्रज्ञ विल्यम थॉम्पसन (१८२४-१९०७) याने संबंधित विषयात काही गणिती आकडेमोड केली आणि असा निष्कर्ष काढला की आपल्या सूर्याचे आयुष्य फक्त ५० दशलक्ष वर्षे एवढंच आहे. परंतु ह्या वक्तव्यामुळे आणखीनच गंभीर व विचित्र स्थिती निर्माण झाली. कारण त्यावेळच्या भूगर्भशास्त्रज्ञ तसेच प्राणी, वनस्पती शास्त्रज्ञ यांनी पृथ्वीपृष्ठभागाखाली गाडल्या गेलेल्या खडकांचे संशोधन करून पृथ्वीचे आयुर्मान ५० दशलक्ष वर्षापेक्षा कितीतरी अधिक असले पाहिजे याविषयी खात्रीलायक पुरावा मिळविलेला होता. त्यामुळे खुद्द पृथ्वी आणि त्यावरील जीवन हे सूर्याहून अधिक जुने कसे असेल असा प्रश्न उद्भवला. गणिती आकडेमोडीत उघडउघड काहीतरी चूक असली पाहिजे किंवा पायाभूत मानलेली काही गृहीते चुकीची असावीत असे ध्यानात आले. परंतु वैज्ञानिक हा वाद सोडायला तयार नव्हते.

जर्मनीत जन्मलेला सुविख्यात शास्त्रज्ञ अल्बर्ट आईन्स्टाईन (१८७९-१९५५) याने विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीच्या दशकांत वस्तुद्रव्य (Matter) आणि ऊर्जा (Energy) ही परस्पर परिवर्तनीय असतात

गुरुत्त्वाकर्षण दाबाच्या विरुद्ध वजन डोक्यावर उचलून धरण्यासाठी वजन उचलणारा खेळाडू स्वत:च्या स्नायूंची शक्ती खर्च करतो. गुरुत्त्वाकर्षण दाबाचा प्रभाव रोखण्यासाठी तारा पुरेशी ऊर्जा उत्पन्न करतो.

असा सिद्धांत मांडल्यानंतर अर्थात ह्या वादावर पडदा पडला. वस्तुद्रव्य हे खुद्द ऊर्जेचे ठासून भरलेले एक आगळे स्वरुप असून त्यामधून $E = mc^2$ ह्या समीकरणानुसार ऊर्जा मुक्त होऊ शकते असा दावा आईन्स्टाईनने केला. समीकरणातील E हे पद ऊर्जा, M पद म्हणजे द्रव्याचे वस्तुमान, C हा प्रकाशाचा वेग म्हणून वापरली आहेत. C ह्या पदाची किंमत फार मोठी आहे म्हणजे दर सेकंदाला ३० कोटी मीटर एवढी. अर्थातच त्याचा वर्ग हा आणखी खूपच मोठा होईल. तात्पर्याने छोटेसे वस्तुमान प्रचंड ऊर्जा देऊ शकेल एवढं ध्यानात येईल- केवळ एक ग्रॅम वस्तुमान २१ हजार ५०० दशलक्ष किलो कॅलरी उष्णतेमध्ये रुपांतरीत करता येईल असे गणितावरुन दिसून आले. एवढीच ऊर्जा नेहमीच्या पद्धतीने निर्माण करावयाची असेल तर त्यासाठी ३३ लक्ष लिटर पेट्रोल जाळावे लागेल.

मध्यंतरीच्या काळात वैज्ञानिकांनी अणुच्या गाभ्याविषयी अधिक संशोधन करुन आत्तापर्यंत माहीत नसलेल्या आणि मोठ्या प्रमाणात उपलब्ध होऊ शकणाऱ्या संपूर्ण नवीन आण्विक ऊर्जेच्या स्त्रोताची शक्यता काढण्यात यश मिळविले. खगोल शास्त्रज्ञ आपणांस सांगतात की तारे हे आपल्या सूर्यासारखे तप्त वायूंचे गोल असून गुरुत्त्वाकर्षणाने एकत्र आणलेले त्यातील मुख्य घटक हैड्रोजन आणि हेलियम हे आहेत. गुरुत्त्वाकर्षण दाब वस्तुमानाच्या प्रमाणात वाढत जातो.

वस्तुमान जितके जास्त, त्याप्रमाणात तारा स्वकेंद्राकडे कोसळण्याची शक्यताही जास्त असते. गुरुत्त्वाकर्षण दाबाविरुद्ध स्वतःच्या डोक्यावर वजन उचलून धरणारा आणि त्यासाठी आपल्या स्नायूंची शक्ती वापरणारा ऑलिंपिक खेळाडू आणि तारा यांच्यात आपण साम्य दाखवू शक्यतो. वजन उचलणाऱ्या खेळाडूच्या शरीरावर गुरुत्त्वाकर्षण दाब ते वजन सारखं खाली खेचण्याची क्रिया करीत असते तर ते वजन खाली पडू नये म्हणून खेळाडू त्यावर तेवढाच दाब विरुद्ध दिशेने देत रहातो. खेळाडूच्या बाबतीत त्याच्या स्नायूमध्ये रासायनिक ऊर्जेचे उत्सर्जन होत रहाते. त्यामुळे प्रतिक्रियात्मक विरुद्ध दाब देण्याची क्षमता त्याच्यात येते. तसेच ताऱ्याला देखील कुठल्याही मार्गाने जी शक्ती मिळत असते, ती प्रचंड प्रमाणात असणाऱ्या गुरुत्त्वाकर्षण दाबाला विरोध करण्यास अर्थातच समर्थ होत असणार.

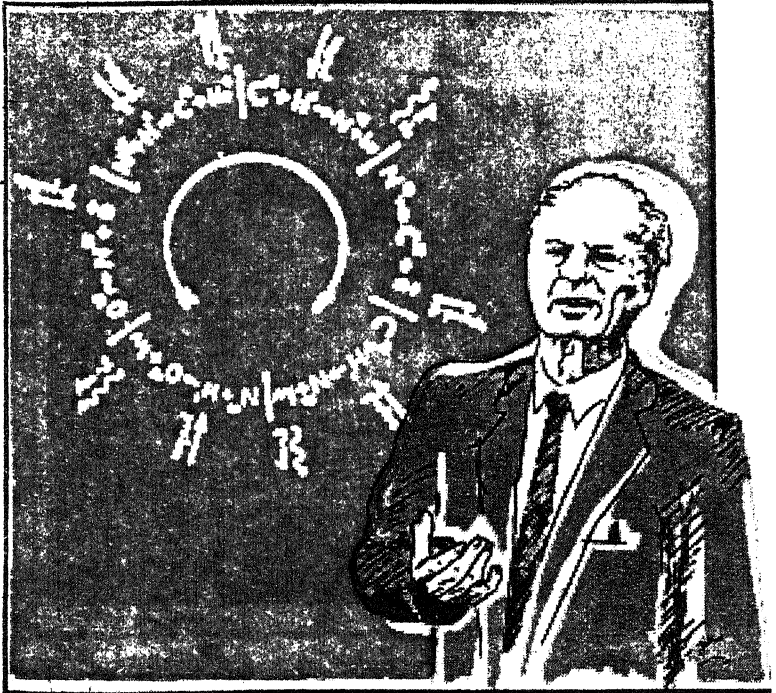
हेच तर्कशास्त्र वापरुन इंग्रजी खगोलशास्त्रज्ञ आर्थर स्टॅनले एडींग्टन (१८८२-१९४४) याने १९२६ मध्ये काही प्रकारच्या आण्विक प्रक्रियाच, सूर्याचे ज्वलन जसे आज होत आहे तसेच ते चालू रहाण्यासाठी आवश्यक असलेली ऊर्जा देत असतात अशी कल्पना मांडली. एडींग्टनचे म्हणणे असे की आपला सूर्य किंवा त्यासारखा मोठे वस्तुमान असलेला दुसरा तारा स्वतःच्या केंद्राच्या दिशेने फार प्रचंड प्रमाणावर गुरुत्त्वाकर्षण दाब टाकीत असतो. ह्या दाबाला प्रतिदाबाने विरोध करुन ताऱ्याला कोसळण्यापासून वाचविण्याकरीता ताऱ्यांतर्गत तपमान खूप उच्च श्रेणीचे म्हणजे ताऱ्याच्या मध्यभागी सुमारे १५ दशलक्ष अंश इतके असले पाहिजे असं एडींग्टन याने सुचविले आणि ते आण्विक प्रक्रियेने निर्माण होत असले पाहिजे असे मत

मांडले. सूर्य आणि इतर तारे मुख्यतः हैड्रोजन वायूने व्याप्त असल्याने त्या हैड्रोजन अणूंचे हेलियम अणूंमध्ये रुपांतर होत असावे आणि अश प्रक्रियेमधून आवश्यक त्या ऊर्जेचा पुरवठा होत असावा असे मत मांडले गेले.

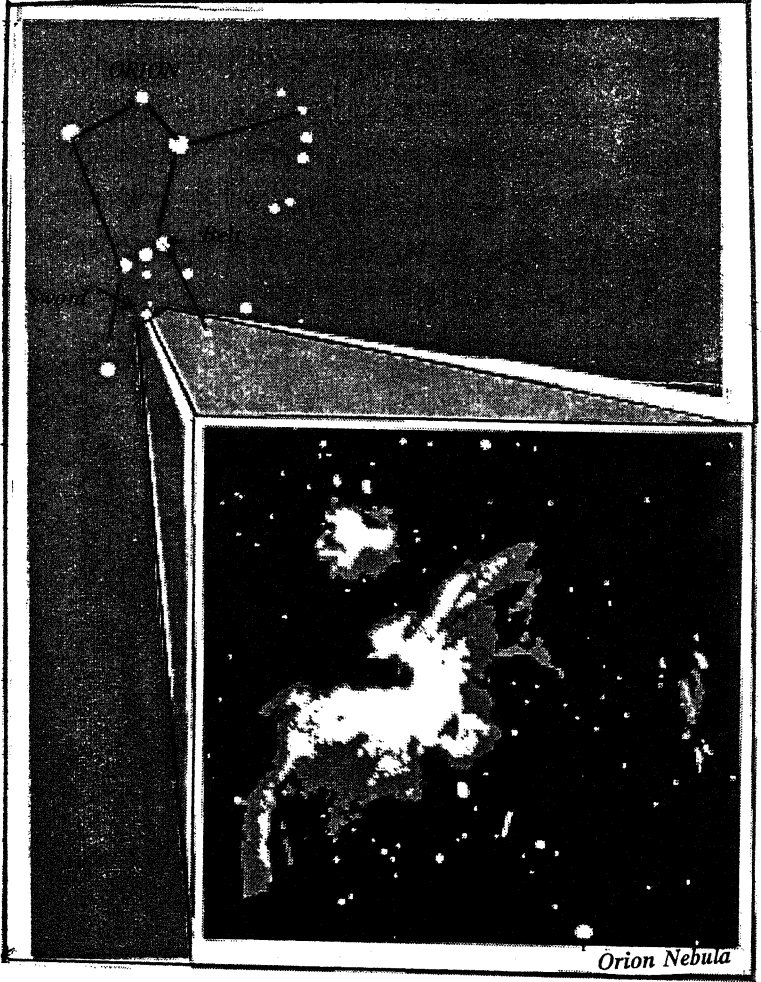
एडींग्टनचे संशोधन जरी योग्य मार्गावर होते तरी तार्‍यांतर्गत हैड्रोजनचे हेलियममध्ये कसे रुपांतर होत असावे याविषयी तो काम करु शकला नाही. ह्या कोड्याचे उत्तर १९३९ मध्ये हन्स अल्ब्रेट बेथे (१९०६ -) आणि कार्ल फ्रेडरीक फॉन वाईझॅकर (१९१२ -) ह्या दोन प्रख्यात जर्मन शास्त्रज्ञांनी पुरविले. सूर्यासारख्या तार्‍यांतर्गत परिस्थितीत हैड्रोजन वायूचे हेलियममध्ये रुपांतर होण्याच्या दोन प्रकारच्या शक्यता असल्याचे त्यांनी दाखवून दिले.

तार्‍यांसाठी आण्विक शक्तीची कल्पना प्रथम आर्थर एडींग्टन याने सूचित केली

१९४० सालाच्या आसपास खगोल आणि विज्ञानशास्त्रज्ञ ह्यांना विश्वांत फार मोठ्या संख्येने असलेल्या ताऱ्यांना शक्ती कोठून मिळते हे आपल्याला समजले आहे असा विश्वास वाटत होता. आत्ता प्रश्न होता की ही आण्विक भट्टी पेट कशी घेते?

आकाशात जरी लक्षावधी तारे असले तरी तारा जन्माला कसा येतो. अर्थात त्यामधील आण्विक भट्टी प्रथम भडकते कशी हे पहाण्याची सुसंधी किंवा शक्यता आपल्यापैकी कुणालाही नाही. जणू काही तारे हे घनदाट जंगलातील रानटी श्वापदांसारखे आहेत. आपण श्वापदांची छोटीपिल्लं पहातो. परंतु त्यांचा प्रत्यक्ष जन्म होताना पाहू शकत नाही. इतकं ते सर्वगुप्त आणि आपल्या दृष्टीच्या पलिकडचे असते. आपल्या आकाशगंगेच्या चक्राकार असलेल्या भागांमध्ये (Spiral arms) धूळ आणि वायू यांच्या दाट ढगांमधून तारे जन्म

संपूर्ण आण्विक एकीकरणाची कल्पना हन्स बेथे याने समजण्यास सुलभ केली.

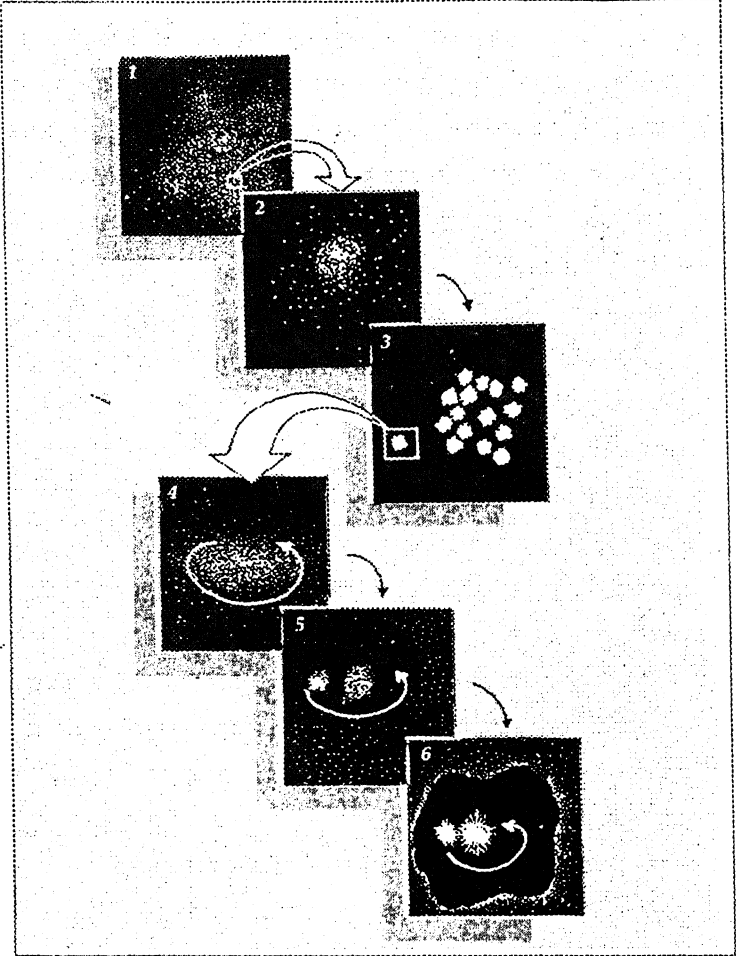
घेतात असे खगोलशास्त्रज्ञ मानतात. ढग इतके घट्ट दाट असतात की दृक्प्रकाश किरण तेथे पोहोचू शकत नाहीत.

परंतु जिथे तारे जन्म घेत आहेत त्या दाट ढगांच्या आतपर्यंत प्रकाशकिरण पोहचत नसले तरी उष्णता किंवा जास्त तरंगलांबी असलेले 'इनफ्रारेड' किरण

तार्‍यांचे उगमस्थान. मृग नक्षत्रामधील ढगांचा पुंजका हे असे स्थान आहे की जिथे तारे नवीनपणे उदयास येत आहेत.

ढगांचा भेद करुन आत जाऊ शकतात. अशाच 'इनफ्रारेड' प्रकाश किरणांच्या सहाय्याने केलेल्या अभ्यासावरुन ताऱ्यांची जन्मस्थाने शोधण्यात खगोलशास्त्रज्ञांना यश मिळाले. हिवाळ्यातील कुठल्याही रात्री मृग नक्षत्राच्या परिसरांत आपणांस ताऱ्यांचे उगमस्थान क्षेत्र पहाता येईल. एखाद्या निरभ्र रात्री तुम्ही मृगनक्षत्राकडे दृष्टी टाकलीत तर तुम्हांला मध्यभागी असलेल्या तीन तेजस्वी ताऱ्यांच्या जवळच खाली एक धुरकट पुंज दिसून येईल.

याच भागात नवीन तारे जन्म घेत आहेत असा समज आहे. धूळमिश्रित ढगांच्या आवरणांत झाकून गेलेल्या आणि नवीन उदयास आलेल्या ताऱ्यांच्या प्रकाशात धुरकट दिसणारा ढगांचा पुंजका उजळून निघालेला दिसतो.

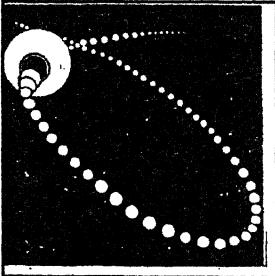
अनेक वर्षांच्या सैद्धांतिक आणि निरीक्षणविषयक अभ्यासानंतर खगोलशास्त्रज्ञांनी ताऱ्यांच्या जन्मासंबंधी एक विशिष्ट चित्र उभे केले. ज्या भागामध्ये तारे निर्माण होतात तिथे असलेल्या वायू आणि धूळ यांच्या ढगांमधून सर्व तारे जन्मतात असे ते चित्र आहे. असे दिसते की ढगांच्या स्वकेंद्राकडे कोसळण्याच्या प्रवृत्तीतून ताऱ्यांच्या जन्मप्रक्रियेला कुठल्यातरी अज्ञात कारणामुळे चालना मिळते. वायू आणि धुळीचे कण ज्यावेळी एकाच केंद्रस्थानाकडे कोसळू लागतात त्यावेळी तेथील घनता हळूहळू वाढत जाते. जसजसे वायू आणि धूळ अधिकाधिक एकत्र होत जातात तसतसा गुरुत्त्वाकर्षण प्रभाव वाढत जातो आणि अंतर्गत तपमानही हळूहळू चढत जाते. काही विशिष्ट कालमर्यादेत काही लाख वर्षांनंतर अंतर्गत तपमान सुमारे काही हजार अंशापर्यंत वाढत जाते, त्याबरोबर दाबही (Pressure) वाढत जातो. इतका की गुरुत्त्वाकर्षण दाबाशी समतोल प्रस्थापित होतो आणि बाहेरचे इतर वस्तुमान खेचले जाणे बंद होते. ह्याक्षणी कोसळणं थांबतं व ताऱ्याची प्राथमिक अवस्था (Proto Star) उत्पन्न होते.

प्राथमिक अवस्थेतील तारा पूर्णपणे तारा ह्या स्वरुपात दिसत नाही. त्यातील आण्विक भट्टीने अजून पेट घेतलेला नसतो आणि त्यामधून दृक्प्रकाशही बाहेर पडत नाही. परंतु अशा प्रकारचे तारे मोठ्या प्रमाणात इनफ्रारेड प्रकाश उत्सर्जित करीत असल्यामुळे खगोलशास्त्रज्ञ इनफ्रारेड प्रकाशाच्या माध्यमातून हे तारे पाहू शकतात.

ताऱ्याच्या जन्माच्या वेळची छायाचित्रं वायू आणि धूळ यांच्या राक्षसी मेघांमधून सर्व प्रक्रियेची सुरुवात होते. 1) प्रथम वेगवेगळ्या गठ्ठ्यांत मेघ विभागले जातात. 2) नंतर ह्या गठ्ठ्यांचे वेगवेगळे अधिक लहान लहान तुकडे होतात. 3) कोट्यावधी वर्षांच्या कालखंडानंतर तुकडेही गुरुत्वाकर्षणदाब प्रभावाने आकुंचन पावून स्वत: भोवती फिरु लागतात. 4) ज्यावेळी गुरुत्वाकर्षण प्रभावाबरोबर समतोल साधणारे ताऱ्याच्या संदर्भात अंतर्गत असणारे तपमान तयार होते, त्यावेळी ताऱ्यामधील वस्तुद्रव्याचे कोसळणे बंद होते आणि प्राथमिक तारा निर्माण होतो. 5) तसेच ताऱ्याच्या मध्याकडे पुढेही आणखी आकुंचन होत रहाते, तपमान प्रचंड प्रमाणात वाढते, त्यामुळे आण्विक प्रक्रियेची सुरुवात होते आणि खऱ्या स्वरुपातील ताऱ्यांचा उदय होतो. 6) दोन जोड ताऱ्यांचा झालेला जन्म दाखविला आहे.

प्राथमिक तारा तयार झाल्यावर वस्तुद्रव्याचे केंद्राकडे होणारे कोसळणे थांबत असले तरी गुरुत्त्वाकर्षणीय आकुंचन लक्षावधी वर्षे चालूच राहून ऊर्जा प्रक्षेपण सुरु असते. आकुंचन पावण्याची प्रक्रिया सुरुच राहिल्याने मध्यभागी तीव्र उष्णता उत्पन्न होऊन एक वेळ अशी येते की तपमान दहा दशलक्ष अंशापर्यंत वाढल्याने हैड्रोजनचे हेलियममध्ये रुपांतर करण्याच्या प्रक्रियेला चालना प्राप्त होते. ह्याचवेळी ताऱ्यामध्ये आण्विक भट्टी पेटल्याने ताऱ्याचा जन्म झाल्याची घटना जाहीर होते. आण्विक प्रक्रिया ताऱ्यामध्ये केवळ जीवनरस ओतीत नाही तर त्याचे स्थायी दृढीकरणही करते. वजन उचलणाऱ्या ऑलिंपिकमधील खेळाडूप्रमाणे ताऱ्यामधील आण्विक प्रक्रिया केंद्राच्या दिशेने गुरुत्त्वाकर्षणीय दाबाच्या विरुद्ध समतोल राखू शकेल एवढी ऊर्जा निर्माण करु शकते.

असे असले तरी सर्व तारे एकेक स्वरुपात जन्म घेतात असे नाही. खगोलशास्त्रज्ञ सांगतात की बहुतेक तारे समूह म्हणून त्या स्वरुपात, काही जोड तारे म्हणून तर काही स्वतःभोवती ग्रहमालिका असणाऱ्या आपल्या सूर्यासारखे जन्म पावतात. प्रचंड आकाराचे ढगांचे मेघ एक समूह ह्या स्वरुपात ताऱ्यांना जन्म देतात, तर कृष्णवर्णी आणि आकाराने लहान असलेले ढग सूर्यासारख्या ताऱ्यांना उत्पन्न करतात. समूह स्वरुपांत निर्माण झालेले तारे फार काळ टिकत नाहीत. काही दशलक्ष वर्षांच्या कालावधीत ते इतस्ततः आकाशगंगेत पसरलेले दिसतात.

एकदा का ताऱ्यामधील आण्विक भट्टीने पेट घेतला की ते तारे दृढस्वरुपी बनतात, इतकेच नव्हे तर नंतर त्यांच्यामधील हैड्रोजन इंधन संपेपर्यंत कोट्यवधी किंवा अब्जावधी वर्षे तशीच वाटचाल करीत रहातात. त्याच्यापुढे मात्र तारे किती छोटे अथवा मोठे आहेत यावर त्यांचे भवितव्य अवलंबून असते.

राक्षसी आणि बुटके

तारे सुध्दा माणसांच्या लहान मुलांसारखे वेगवेगळ्या स्वरूपांत जन्मतात;जसे त्यापैकी काही लहानखोर, काही सर्वसामान्य तर काही थोडेसे जाडजूड. परंतु माणसांची जास्त वजन लाभलेली नवजात अर्भकं ही खणखणीत प्रकृतीची आणि दीर्घ आयुष्य जगू शकणारी अशी समजली जातात; तर अधिक वजन असलेले तारे मात्र दुर्दैवी समजले जातात. तारा जन्मतः जितका अधिक मोठा आणि वजनदार तितके त्याचे आयुष्यमान तोकडे असा समज आहे. जरी हे विधान सकृतदर्शनी गोंधळात टाकणारे असले तरी त्याचा प्रत्यय येण्यास फार काळ थांबावे लागत नाही.

जन्म झाल्यानंतर माणसाचे मूल जन्मभर त्याच्या शरीराला शक्तीचा पुरवठा करीत रहाणाऱ्या बाहेरील अन्नाचा उपयोग करीत रहाते आणि त्यामुळे वाढतही असते. परंतु नवीन जन्मलेला तारा इतका सुदैवी नसतो. त्याला जन्माच्या वेळी हैड्रोजन स्वरूपात लाभलेल्या साठ्यावर सबंध जीवनभर गुजराण करावी लागते. परंतु मुख्य प्रश्न तो नाही. सुरुवातीलाच मोठ्या प्रमाणात लाभलेला इंधनसाठा हा लहान असणाऱ्या साठ्यापेक्षा दीर्घकाळ टिकेल हे कुणालाही

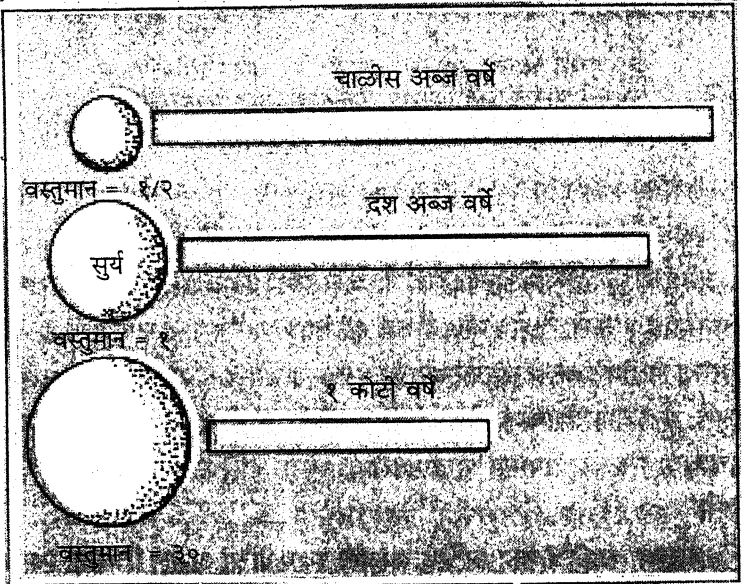
मनुष्याच्या नवजात बालकाचे वजन जर जास्त असेल तर ते
चांगले मानले जाते. पण ताऱ्यांच्या बाबतीत ते तसे नसते.

साध्या तर्काने सांगता येईल. मग असे असताना अधिक मोठे तारे लवकर का नष्ट होतात?

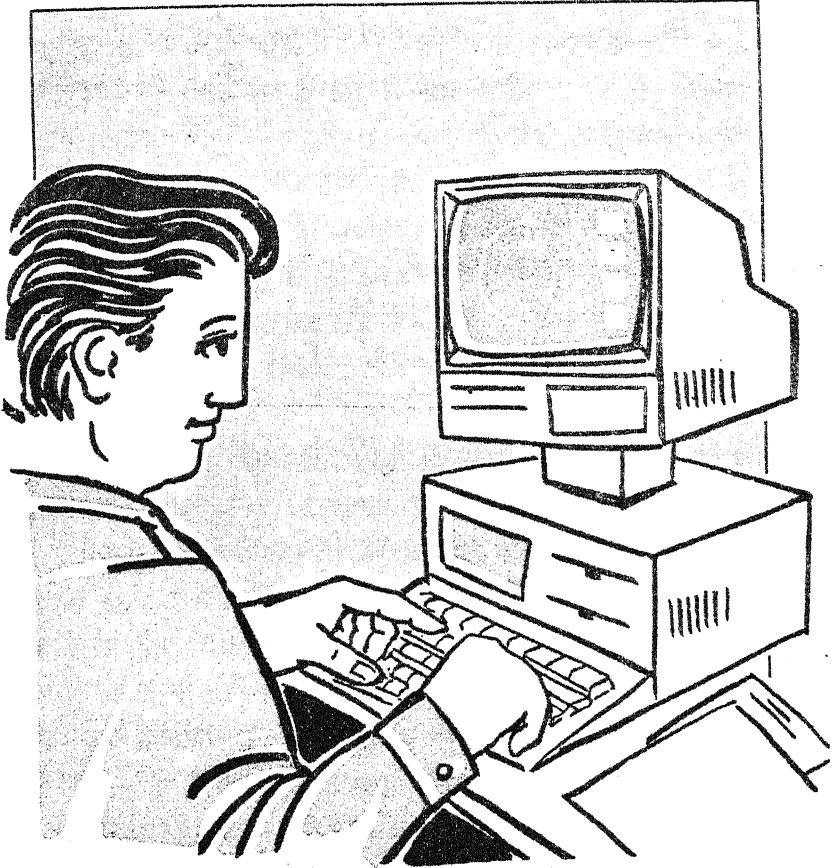
ताऱ्यांची मूलद्रव्याने झालेली जी जडणघडण आहे त्यामध्येच ह्या कोड्याचे उत्तर सापडू शकते. विशेष म्हणजे ज्या गुरुत्त्वाकर्षणीय प्रभावामुळे ताऱ्याच्या जन्माला गती मिळाली त्याच्याबरोबरच ताऱ्याची जन्मभर लढाई चाललेली दिसते. गुरुत्त्वाकर्षणाच्या खेचणाऱ्या दाबाशी समतोल साधण्यासाठी तसेच आवश्यक तितके तपमान राखण्यासाठी तारा अधिक ऊर्जा उत्पन्न करीत रहातो.

अर्थातच तारा जितका अधिक अजस्त्र स्वरूपाचा असेल तितका त्याला

स्वत:चे अंतर्गत तपमान टिकविण्यासाठी प्रत्येक सेकंदाला अधिकाधिक हैड्रोजन जाळावा लागतो. तात्पर्याने अजस्त्र तारा स्वत:चा हैड्रोजन इंधनसाठा त्याच्या छोट्या भावाहून फार जलद गतीने संपवितो. ताऱ्यांचे वस्तुमान त्यांच्या आयुष्याच्या वाटचालीत आश्चर्यजनक फरक घडवून आणीत असते.

उदाहरणार्थ, आपला सूर्य हा एक साधारण मध्यम आकाराचा तारा आहे. त्याचे आयुष्यमान सुमारे दहा हजार दशलक्ष वर्षं आहे असे वर्तविले गेले आहे. आपल्या सूर्याच्या केवळ तीस पटीने मोठ्या असलेल्या ताऱ्यामधील हैड्रोजन इंधनाची उधळपट्टी इतक्या मोठ्या प्रमाणात होते की तो तारा फक्त काही दशलक्ष वर्षंच तळपू शकेल. ह्या उलट सूर्यापेक्षा बऱ्याच लहान असलेल्या ताऱ्यांचे आयुष्यमान सूर्यापेक्षा कितीतरी पटीने अधिक असेल. एक सर्वसंमत नियम म्हणून आपणाला असं सांगता येईल की ताऱ्याचे आयुर्मान हे साधारणपणे त्याच्या वस्तुमानाच्या वर्गाशी व्यस्त प्रमाणात असते. याचा अर्थ असाही होईल की जर वस्तुमान दुप्पट झाले तर त्याचे आयुर्मान एक चतुर्थांश होईल.

ताऱ्यांचं आयुर्मान

आपण ताऱ्यांच्या आयुर्मानासंबंधी बोलतो त्याअर्थी ताऱ्यांचा आयुष्यकाल मोजण्याची पद्धती असली पाहिजे. फॅक्टरीचा पर्यवेक्षक भट्टीमध्ये किती कोळसा टाकला आहे आणि त्याचे किती प्रमाणात ज्वलन होत आहे यावरून भट्टीमध्ये किती वेळ कोळसा जळत राहील हे जसे अजमावतो त्याचप्रकारे खगोलशास्त्रज्ञ ताऱ्याचे आयुर्मान काय असेल ते अजमावू शकतो.

ताऱ्यांतर्गत हैड्रोजनचे हेलियममध्ये आण्विक प्रक्रियेने रूपांतर होत रहाते

संगणकाच्या साहाय्याने तयार करण्यात आलेल्या मॉडेल्समुळे खगोलशास्त्रज्ञांना बरेच ज्ञान प्राप्त झाले.

व त्यामधून ऊर्जा उत्पन्न होते हे आपण पाहिले आहेच. हैड्रोजन अणूंच्या ''फ्युजन'' क्रियेमुळे हेलियम अणू तयार होत असताना किती ऊर्जा बाहेर पडते हे अणुविज्ञान शास्त्र आपणास सांगते. ह्या ज्ञानाचा उपयोग करून तारा किती प्रमाणात हैड्रोजनचा वापर करीत आहे हे आपणास सहज शोधून काढता येते. कारण हर्टझस्प्रंग - रसेल आलेख तारा किती उष्ण आहे हे सांगत असतो. तारा जितका अधिक उष्ण, तितका हैड्रोजनचा वापरही अधिक हे निश्चित. एकदा का इंधन ज्वलनाचं प्रमाण आणि ताऱ्यामधील हैड्रोजनचा एकूण साठा माहीत झाला की त्याचं वय ओळखणं हे फक्त साधं गणित.

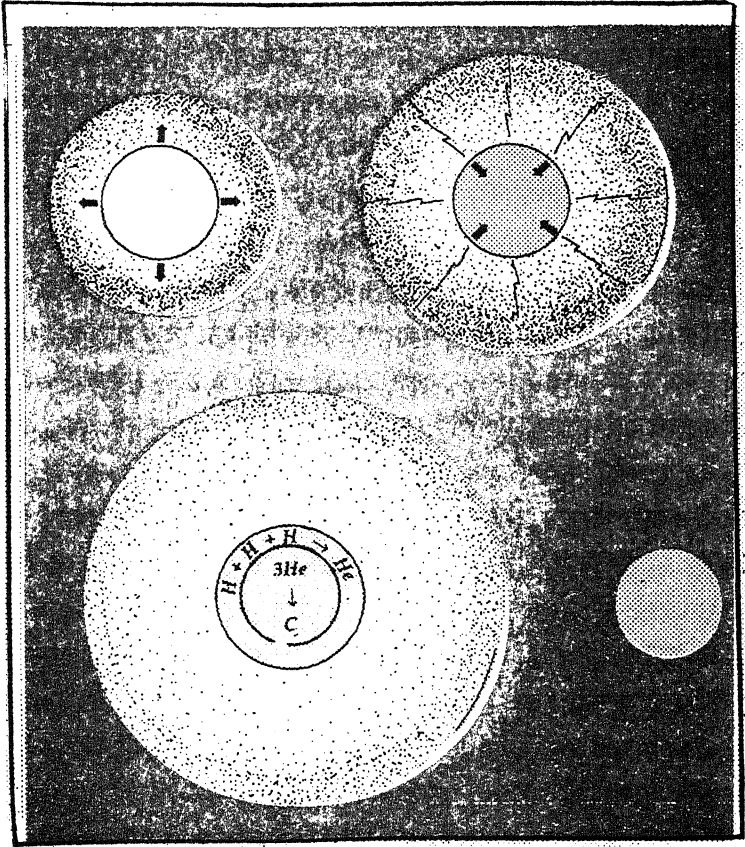
जन्म झाल्यानंतर बहुतेक सर्व तारे उष्णता आणि प्रकाश यांचं प्रक्षेपण करून सातत्य राखीत साधारण प्रकारचा जीवनकाल व्यतीत करीत रहातात. ह्या अवस्थेमधील सर्व तारे एच. आर. आलेखामधील मुख्य पट्ट्यांत [Main Sequence] सामावलेले असतात. ताऱ्यांच्या अशा अवस्थेनंतर पुढे काय घडत असेल ते पुष्कळसे तार्किक अभ्यासावर आधारित आहे. पूर्वीच्या काळी खगोलशास्त्रज्ञांना फार दीर्घ आणि किचकट गणिती आकडेमोड करावी लागे. उदाहरण द्यायचे झाले तर १९५० च्या सुमारास ताऱ्याचे एखादे तर्कशुद्ध ''मॉडेल'' मांडण्यासाठी संशोधकाला निदान वर्षभर तरी आकडेमोड करावी लागे.

ताऱ्यांच्या जीवनकाळांतील निरनिराळ्या अवस्थांचा अभ्यास करावयाचा असल्यास त्याकाळी खगोल संशोधकाला ताऱ्यांच्या वेगवेगळ्या अवस्थांसंबंधीचे किमान दहा तार्किक सिद्धांत मांडावे लागले असतील.

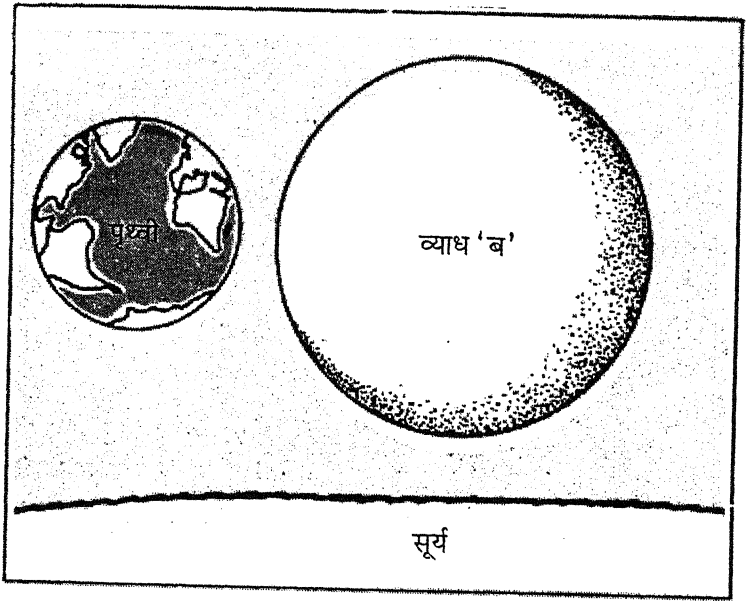
आजच्या संशोधकाला तेवढीच आकडेमोड करावयास इतके कठोर परीश्रम करणे अथवा दीर्घकाळ वाट पहाणे हे करावे लागत नाही. आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक संगणक तेच सर्व काम काही सेकंदातच पुरे करतात. आजकाल कुठल्याही आकाराच्या ताऱ्याचा सबंध जीवनकाल संगणकाच्या साहाय्याने आपल्याला पहाता येतो, ही संगणक शास्त्राची कृपाच आहे.

''मेनसिक्वेन्स'' मधील सर्व तारे आपल्या हैड्रोजनचे हेलियममध्ये रूपांतर करीत असताना ऊर्जा निर्माण करतात. त्यामुळे ते स्थिर स्वरूपांत आहेत

असे संगणक मॉडेल्सवरून आढळते. परंतु एकूण हैड्रोजन साठ्याच्या १२ टक्के हैड्रोजन वापरला गेल्यानंतर ताऱ्याचे स्थिर स्वरूप संपते. अशी अवस्था प्राप्त होते त्यावेळी ताऱ्याच्या केंद्रस्थानी हेलियम साठलेले असते आणि ते द्रव्य आण्विक प्रक्रिया चालू ठेवण्याच्या क्षमतेचे नसते. पर्यायाने गुरुत्त्वाकर्षणीय आकुंचन थांबविण्यास आता विरोधी दाब उरत नाही आणि केंद्रस्थानी आणखी आकुंचन होऊ लागते, उष्णता निर्माण होते आणि जेथे अजूनही न जळलेला हैड्रोजन असेल अशा केंद्राच्या भोवती असलेले वस्तूंचे थर तापू लागतात. परिणामतः लवकरच केंद्राच्या भोवतालच्या थरांतील हैड्रोजनचे हेलियममध्ये रूपांतर होत राहून निर्माण झालेली उष्णता बाहेरील वायूच्या थरांना प्रसरण पावलेल्या फुग्यासारखी मागे ढकलीत रहाते. अशा प्रसरणाचा परिणाम असा होतो की तारा केवळ आकाराने मोठा होत नाही तर कधीकधी त्याच्या मूळ आकारापेक्षा एक हजार पटीने जास्त फुगलेला दिसतो. परंतु त्याच वेळी तो तारा थंड होत जाऊन त्याचं तपमान केवळ ३००० अंशापर्यंत येऊन ठेपते, आणि तारा लालसर दिसावयास लागतो. आता तारा ''लाल राक्षसी'' अवस्थेमध्ये गेला असून त्यानंतर तो एच. आर. आलेखाच्या उजवीकडील वरच्या बाजूस सरकलेला दिसतो. असे तारे आकाराने जरी राक्षसी भासले तरी इतके महाकाय नसतात. खरे तर फुगवलेल्या रबरी फुग्यासारखे ते नुसते दिसतात. परंतु त्यांचे वस्तुमान मात्र नेहमीच्या ताऱ्याएवढेच असते. आकाराने मोठे झाल्यामुळे त्यांच्यातील मूलद्रव्य सगळीकडे पातळ स्वरूपांत पसरले जाते. अर्थातच त्यामुळे लाल राक्षसी ताऱ्यांची घनता खूप कमी होते. उदाहरणार्थ, मृग नक्षत्रामधील बीटलगुज (आर्द्रा) ह्या राक्षसी ताऱ्याची घनता फक्त आपल्या सूर्याच्या तीस दशलक्षांश एवढीच आहे. आकाशातील लाल राक्षसी तारे कुठले? हे ओळखणे इतके अवघड नसते. कित्येक तेजस्वी तारे प्रत्यक्षात लाल राक्षसी आहेत. त्यातील काही प्रमुख तारे म्हणजे वृश्चिकेमधील ॲन्टारेस (ज्येष्ठा), वृषभेतील अल्डेबरान (रोहिणी), कन्या नक्षत्रामधील पोलक्स (पुनर्वसु) तर बूटसमधील आर्कट्युरस (स्वाती) हे होत. आपला सूर्य देखील पुढे केव्हातरी

लाल-राक्षसी तारा होऊ शकेल आणि आजच्या त्याच्या आकाराच्या शंभर पटीने तेव्हा तो विस्तार पावेल. फुगत जाणाऱ्या सूर्याच्या प्रखर उष्णतेने महासागर उकळू लागतील; तर पृथ्वी भाजून निघेल आणि पर्यायाने सर्व

सूर्याच्या आकाराच्या ताऱ्याचे जीवन. ताऱ्यामधील गाभ्याजवळ असलेल्या हैड्रोजनचा वापर होत असेपर्यंत तारा स्थिर स्वरूपांत असतो. (1) ह्या अवस्थेमध्ये ऊर्जा उत्पन्न होणे थांबते. आकुंचन सुरू होते. (2) आकुंचन होत असलेल्या केंद्रस्थानी उत्पन्न होणाऱ्या उष्णतेमुळे हैड्रोजनचं फ्युजन सुरू होते. उष्णता बाहेरील वायूला आणखी बाहेर ढकलते आणि ताऱ्याचे राक्षसी ताऱ्यांत रूपांतर होते. (3) शेवटी, बाहेरील कवच उडून जाते आणि मागे एक घट्टमुट्ट गाभा उरतो, त्यालाच ''श्वेत बुटका''तारा म्हणून ओळखतात.

जीवनाचा विनाश होईल. परंतु ही आपल्या आयुष्यात घडणारी गोष्ट नाही. इतकेच काय, पुढील १,००० अथवा १०,००० वर्षांतही हे घडण्याची शक्यता नाही. कारण सूर्य त्या अवस्थेपर्यंत पोहोचावयाच्या आधी कमीत कमी ५,००० दशलक्ष वर्षे आजचीच स्थिती राहील.

ताऱ्याचे बाहेरचे थर उष्णतेच्या दाबाने इतस्त:त उडून जाऊन तो लाल राक्षसी बनताच त्याचा लहानसा गाभा आकुंचन पावू लागतो आणि ताऱ्याची घनता सामान्य ताऱ्याच्या मानाने एक हजार पटीने जास्त बनेल इतका तो दाबला जातो. ज्यावेळी ताऱ्याच्या गाभ्याच्या केंद्रस्थानाचे तपमान पुन्हा १०० दशलक्ष अंशापर्यंत वाढत जाते त्यावेळी पुन्हा एकदा आण्विक प्रक्रिया घडून येते. यावेळी तीन हेलियम अणूंचे एका कार्बन अणुमध्ये रूपांतर होण्याची क्रिया सुरू होते. ताऱ्यांतून पुन्हा ऊर्जा बाहेर पडू लागते आणि तारा पुनश्च फार काळ नाही, पण स्थिर होतो.

एक विशिष्ट "श्वेत बुटका" तारा व्याध 'ब' - याचे वस्तुमान सूर्याएवढे असते. परंतु आकाराने तो पृथ्वीपेक्षा थोडासा मोठा असतो. त्यामुळे त्याची घनता अत्यंत जास्त असते.

पुढे ताऱ्यामध्ये काय स्थित्यंतर घडेल हे सर्व त्याच्या वस्तुमा
अवलंबून असते. तो जर आपल्या सूर्यासारखा असेल तर फारसे काही घड
नसते. हेलियम अणूंच्या घडणाऱ्या फ्यूजन प्रक्रियेमुळे निर्माण होणाऱ्या
दाबामुळे लाल राक्षसी ताऱ्याचे बाहेरचे कवच अक्षरश: उधळले जाते.
मागे उरतो तो केवळ पृथ्वीच्या आकाराएवढा एक गोळा (गाभा).

ताऱ्याचा उरलेला गाभा अतिशय उष्ण आणि तरी आकाराने छोटा अ
ताऱ्याच्या ह्या अवशेषाला "श्वेत बुटके" या नावाने ओळखतात.

"श्वेत बुटके" हे लाल राक्षसी ताऱ्यांप्रमाणे नेहमीच साध्या डोळ
दिसत नाहीत. साधारण एकोणिसाव्या शतकाच्या मध्यापर्यंत
यांच्यासंबंधी फारच कमी माहिती होती. इतकेच काय, सर्वात तेजस्वी

*फुगडी खेळणाऱ्या दोघांप्रमाणे व्याध आणि त्याचा छोटासा परंतु वजनदार सहयोगी
एकमेकांच्या भोवती चकरा मारीत असतात.*

जो व्याध याचा अभ्यास करताना केवळ अपघातानेच "श्वेत बुटके" यांचा शोध लागला. १८४४ साली फ्रेडरीक डब्ल्यू बेसेल याला व्याधाची छायाचित्रे टिपताना तो तारा जरासा इकडे तिकडे होताना दिसला. त्या अनुषंगाने एका विशिष्ट स्थानाच्या भोवती फुगड्या खेळणाऱ्या दोन स्त्रिया ज्याप्रमाणे एकमेकांचे हात धरून चकरा मारीत रहातात तसेच काहीसे व्याध तारा आणि त्याचा अदृश्य कृष्णवर्णी सहयोगी एकमेकांभोवती फिरत असावेत असे बेसेलने मत वर्तविले. परंतु पुढे जेव्हा एक अंधुक तारा सहयोगी म्हणून शोधला गेला तेव्हा तो साधारण तारा नाही हे समजले.

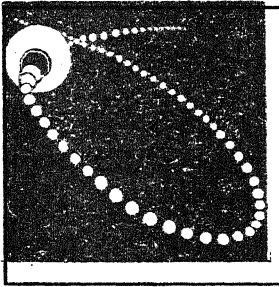
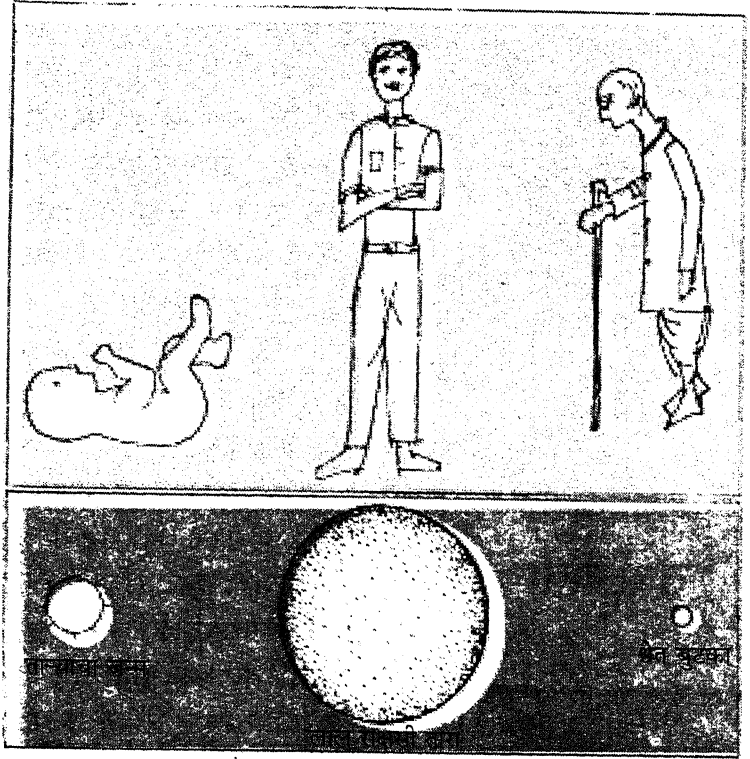
ज्या सहयोगी ताऱ्याला व्याध 'ब' हे नाव देण्यात आले, तो फारसा तेजस्वी नसून रंगाने मात्र पांढरा आहे असे लक्षात आले. तो आकाराने फार मोठा नसला तरी त्याचे गुरुत्त्वाकर्षण प्रभावक्षेत्र मात्र प्रचंड असले पाहिजे. कारण व्याधासारख्या अजस्त्र ताऱ्याला सुद्धा तो गती देऊ शकतो.

सुब्रम्हण्यम् चन्द्रशेखर यांनी श्वेत बुटके याची मर्यादा विशद केली.

ह्या विचित्र कोड्याचे उत्तर १९३० मध्ये सुब्रह्मण्यम् चंद्रशेखर नावाच्या (१९१०) १९ वर्षे वयाच्या शास्त्रज्ञाने दिले. त्याने केलेल्या गणितावरून दिसून आले की ज्यावेळी ताऱ्याचे आण्विक इंधन संपते त्यावेळी तो केंद्रस्थानाकडे स्वाभाविकपणे कोसळत असताना त्याला एक पूर्णपणे नवीन रूप मिळते. ताऱ्याची घनता त्यावेळी एवढी वाढलेली असते की एका काडेपेटीमधील द्रव्याचे वजन सुमारे १२ टन भरते! "श्वेत बुटके" हे अशा द्रव्यानं भरलेले असतात आणि म्हणून तर जरी ते आपल्या पृथ्वीएवढ्याच आकाराचे असले तरी सायरस 'ब' सारखा तारा देखील

व्याधासारख्या तेजस्वी सहयोग्याला खेचू शकतो. डॉ. चंद्रशेखर यांनी पुढे आपल्या तार्किक सिद्धांताने असे मत मांडले की श्वेत बुटके ताऱ्याचे वस्तुमान जर सूर्याच्या वस्तुमानाहून १.४ पटीने किंवा त्याहून जास्त असेल तर तो स्थिर स्वरूपात राहू शकणार नाही. ह्याच मर्यादेला ''चंद्रशेखर मर्यादा'' असेही ओळखतात.

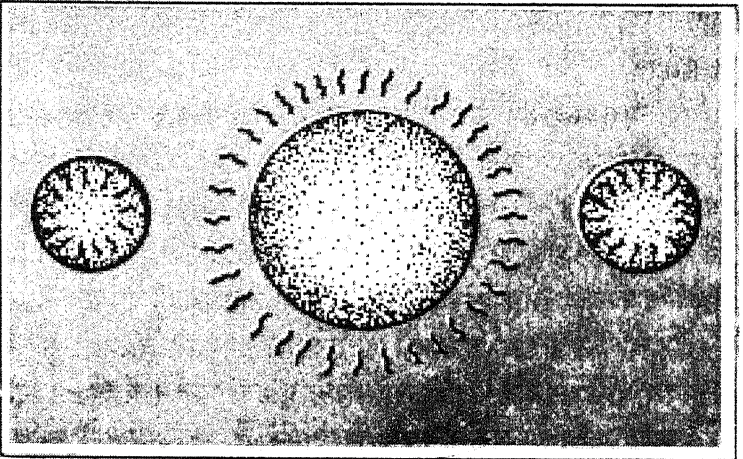
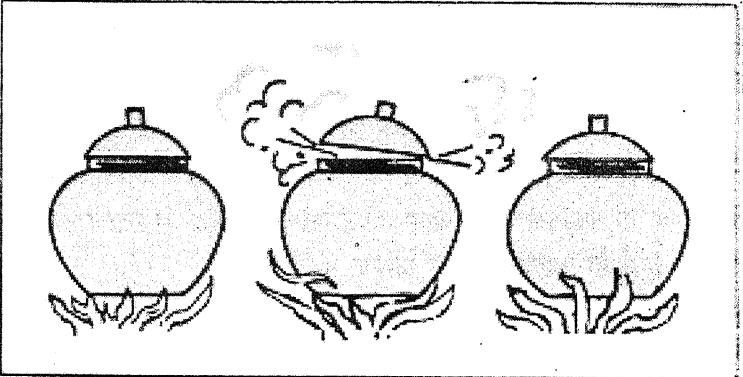
श्वेत बुटके तयार झाल्यानंतर ह्याच अवस्थेमध्ये ते बराच काळ शांततेने घालवतात,आणि कित्येक दशलक्ष वर्षांपर्यंत थंड होत जाऊन शेवटी प्रकाशहीन बनतात आणि नैसर्गिकरित्या अदृश्य होतात. खगोलशास्त्रज्ञांना असा विश्वास वाटतो की सूर्यापेक्षा आठ पटीने जड असलेल्या ताऱ्यांचा शेवट श्वेत बुटके बनण्यात होतो. कार्बन स्वरूपांत पूर्णपणे रूपांतर झाल्यावर बालगीतांत वर्णन केल्याप्रमाणे "Like a diamond in the sky" खरोखरीच ते तसे बनतात असे दिसते.

बदलती तेजस्विता

तार्‍यांच्या जीवनक्रमात होणारे बदल हे आपल्या मनुष्यांच्या जीवनात होत जाणार्‍या बदलाप्रमाणेच अटळ आहेत. आपल्याप्रमाणेच तारेही वृद्धत्वाकडे सरकत असतात. त्यांच्या केंद्रस्थानी हैड्रोजन इंधन जसजसे कमी होत जाते त्यानुसार त्यांच्यात बदल होत जातो. एक विशिष्ट तारा ह्या स्वरूपांत असलेला आपला सूर्य किंवा त्याहून काही पटींनी वजनदार असणारा दुसरा एखादा तारा, त्यांच्या अंतसमयी प्रथम फार मोठ्या प्रमाणात फुगत जाऊन लाल राक्षसी तारा बनतो आणि त्याचा शेवट म्हणून अतिशय घनता असणारा परंतु आकाराने छोटा असा "श्वेत बुटका" तारा बनून पुढील सर्व काळ व्यतीत करतो. परंतु हे स्थित्यंतर घडत असताना तार्‍याची तेजस्विता मोठ्या प्रमाणात बदलत रहाते. "लाल राक्षसी" बनताना तेजस्विता खूप वाढते तर "श्वेत बुटका" अवस्थेत कमी होत जाते. आणि तेजस्वितेत घडणारे हे बदल तार्‍याच्या मूळ वस्तूमानानुसार अनेक दशलक्ष वर्षे; इतकेच नव्हे तर कित्येक हजार दशलक्ष वर्षांपर्यंत होत रहातात. परंतु काही तारे असेही आंहेत की, त्यांच्या तेजस्वितेत होणारे बदल बर्‍याच थोड्या काळात घडून येतात. काही तास, दिवस किंवा

मनुष्याचे मूल जसे वाढत जाऊन प्रथम एका तरूण माणसांत आणि नंतर वृद्ध माणसांत बदलते तसेच ताऱ्याचे जन्मानंतर हैड्रोजन इंधन कमी कमी होत गेल्यानंतर कालाप्रमाणे स्थित्यंतर होत जाते.

आठवड्यातच हे बदल झालेले असतात. असे तारे ''बदलते तारे'' नावाने प्रसिद्ध असून खगोलशास्त्रज्ञांनी ह्या प्रकारचे तारे हजारोंच्या संख्येत शोधलेले आहेत.

''बदलता तारा'' ओळखण्यासाठी काही काळ त्याचं परीक्षण करावं लागेल हे आपण ओळखलं असेलच. काही तासांतच चमकून उठणाऱ्या आणि लगेच अंधुक बनणाऱ्या ताऱ्यांचा वेध एका रात्रीच्या परीक्षणातूनही घेता येईल.

मात्र दुसऱ्या प्रकारच्या ताऱ्यांकरीता तुम्हाला कित्येक रात्री जागता पहारा करावा लागेल, तेव्हाच त्यांच्या तेजस्वितेत घडणारे फरक न्याहाळता येतील. परंतु कालाप्रमाणे हे तारे अधिक चमकदार किंवा जास्त अंधुक का जाणवतात? अर्थात त्यासाठी एक ठराविक उत्तर देता येणार नाही. कारण त्यामागील कारणमीमांसा ताऱ्याच्या स्वाभाविक परिस्थितीशी संबंधित असते.

"बदलत्या ताऱ्यां"मधील एक सर्वसामान्य प्रकार म्हणजे "सिफीड

उकळत्या पाण्याच्या भांड्याचं झाकण आतील वाफेचा दाब कमी करण्यासाठी जसे मधून मधून वर उचलले जाते (वरील चित्र), तसेच सिफीड बदलते ताऱ्यांचे बाहेरील थर आतील उष्णता आणि प्रारूपे यांचे प्रक्षेपण होण्यासाठी वरचेवर प्रसरण पावत असतात.

तारे''. हे आहेत आणि ते त्यांमधील तेजस्वितेमध्ये काही दिवसात ठराविक पद्धतीने होणारे कमीजास्त बदल उघड करतात. खगोलशास्त्रज्ञ आपणांस असे सांगतात की ताऱ्यांची बदलणारी तेजस्विता ही वस्तुतः ताऱ्याचे सतत होणारं प्रसरण म्हणजेच ताऱ्यांतर्गत आण्विक उष्णतेमुळे निर्माण होणारा दाब आणि ताऱ्याचे होणारे आकुंचन अर्थात गुरूत्वाकर्षण प्रभावामुळे उत्पन्न होणारा उलट दाब अशा दोन विरोधी क्रियांचे संतुलन साधताना घडणारा परिणाम आहे. अशा दोन विरोधी प्रक्रियांचे द्वंद्व घडत असताना म्हणजेच तारा प्रसरण आणि आकुंचन पावत असताना तेजस्विता बदलत रहाते. अशाच प्रकारे घडणाऱ्या क्रियेची तुलना आपण थोड्या थोड्या वेळाने वाफेच्या दाबाने उघडमीट होणाऱ्या उकळत्या पाण्याच्या भांड्याच्या झाकणाबरोबर करू शकतो. बंद झाकणाखाली असलेल्या वाफेचा दाब वाढल्याबरोबर झाकण आपोआप वर उचलले जाते आणि दाबलेली वाफ बाहेर पडताच दाब कमी झाल्यामुळे पुन्हा खाली पडते हे आपण नेहमी पहातो.

काही वेळानंतर वाफेचा दाब पुन्हा वाढत जाऊन झाकण वर उचलले जाते आणि वाफ बोहर पडताच झाकण परत खाली भांड्यावर पडते. भांड्यामध्ये पाणी जोपर्यंत उकळत रहाते तोपर्यंत झाकणाची वर-खाली होण्याची प्रक्रिया सुरूच रहाते.

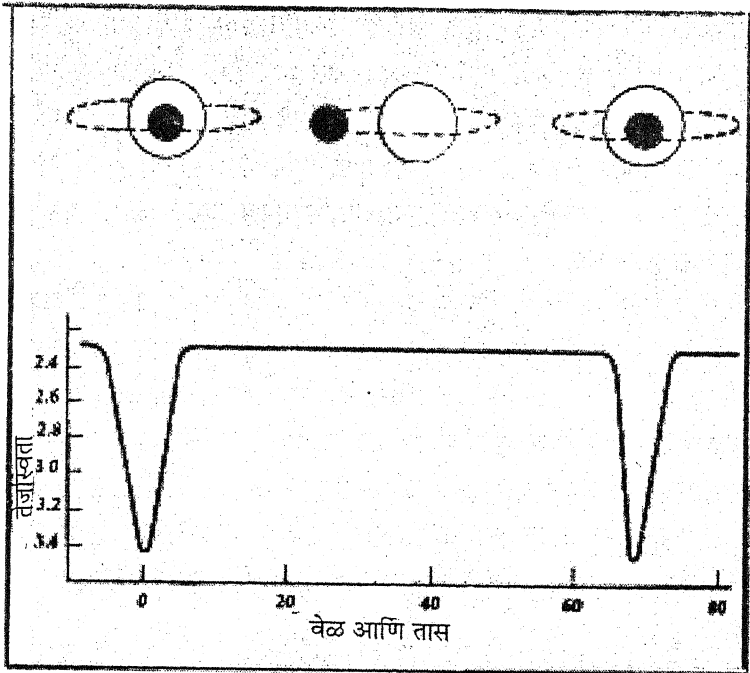
अगदी याच पद्धतीने सिफीड ताऱ्याभोवतीच्या द्रव्याचे थर ताऱ्यांतील उष्णता आणि प्रारूप यांना अटकाव करीत असतात. यामुळे ताऱ्यांतर्गत तपमान आणि दाब वाढतच रहातात आणि पर्यायाने तारा आकारात वाढत जातो. अशा परिस्थितीत उष्णता आणि प्रारूपे [Radiation] सहजपणे बाहेर पडू शकतात आणि तारा अधिक तेजस्वी बनतो. त्याचवेळी ताऱ्याचे बाहेरचे थर थंड होऊ लागतात आणि त्यांची आतल्या बाजूस कोसळावयास सुरुवात होऊन तारा आकुंचन पावू लागतो आणि पुन्हा एकदा आतमध्ये उष्णता आणि विविध प्रारूपे कोंडली जाऊ लागतात. ह्या अवस्थेत तारा अंधुक दिसावयास लागतो. ही सर्व प्रक्रिया पुन्हा पुन्हा काही दिवसांच्या अवधीत घडत राहिल्याने सिफीड बदलते तारे आधी म्हटल्याप्रमाणे कालक्रमणा करीत रहातात.

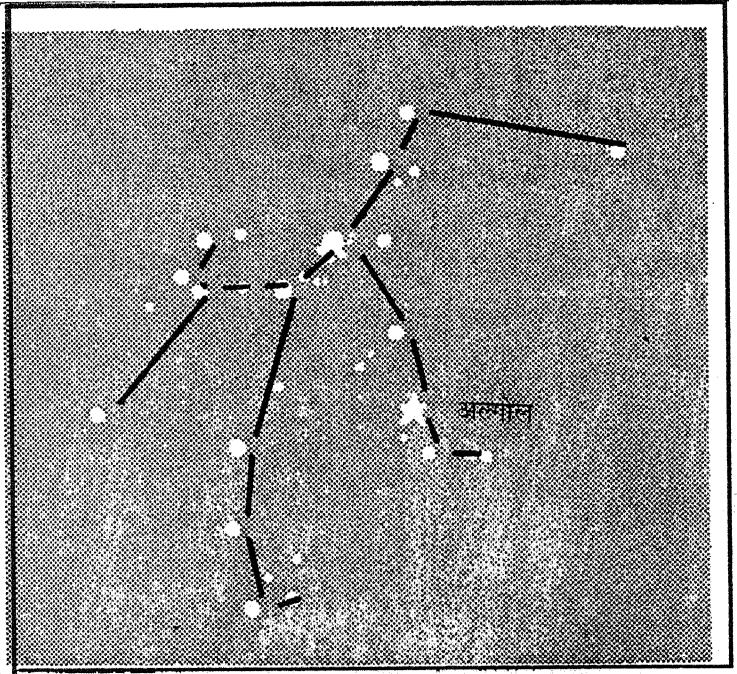
सिफीड ताऱ्यांचे कालबद्ध प्रक्षेपण [Pulsations], त्यांची तेजस्विता किंवा तेजस्विता प्रत ह्यावर आधारीत असते. सिफीड जितका अधिक तेजस्वी तेवढी त्याची कालबद्ध स्पंदने अधिक काळ टिकणारी असतात. ह्या गोष्टींचा उपयोग खगोलशास्त्रज्ञांनी ताऱ्यांची अंतरे जाणून घेण्यासाठी करुन घेतला. आपल्या आकाशगंगेमधील ७०० हून अधिक सिफीड ताऱ्यांची माहिती आज आपल्यापाशी आहे. ध्रुव तारा [Polestar किंवा Polaris] हा सुद्धा एक सिफीड तारा आहे. परंतु त्याच्या तेजस्वितेमधील घडणारे फेरफार कमी प्रमाणात असल्याने तुम्हाला ते चटकन दिसू शकणार नाहीत.

काही लाल राक्षसी तारे देखील अधिक काळ टिकणारे आणि काही महिने अथवा वर्षापर्यंतही चालू राहणारे असे तेजस्वितेतील कालबद्ध फेरफार दाखवित असतात. तिमींगल [Cetus] नक्षत्रांमधील मीरा [Mira] नावाचा तारा हा दीर्घ कालपर्यंत फेरफार व्यक्त करणार तारा म्हणून मशहूर आहे. प्रत्येक ३३० दिवसांच्या काळांत त्याची तेजस्विता अप्रत्यक्ष प्रत ३ ते ९ पर्यंत बदलत रहाते.

खगोलशास्त्रज्ञांना असा विश्वास वाटतो की ''सिफीड'' आणि ''मीरा'' सारखे दीर्घ मुदतीचे फेरफार दाखविणारे तारे हे एच. आर आलेखाच्या मूळ तारका पट्ट्यांतून [Main Sequence] उगम पावत असतात. ताऱ्यांच्या गाभ्याच्या ठिकाणी असलेले हैड्रोजन इंधन वापरले गेल्यावर ते तारे तारका मूळ पट्ट्यांतून बाहेर पडतात आणि अस्थिर बनून कालबद्ध सिफीड या नात्याने प्रक्षेपण देऊ लागतात. लाल राक्षसी (तारा) बनल्यानंतर त्यांतील काही तारे दीर्घकालीन फेरफार दाखविणाऱ्या ''मीरा' ताऱ्यांप्रमाणे स्पंदने देत रहातात.

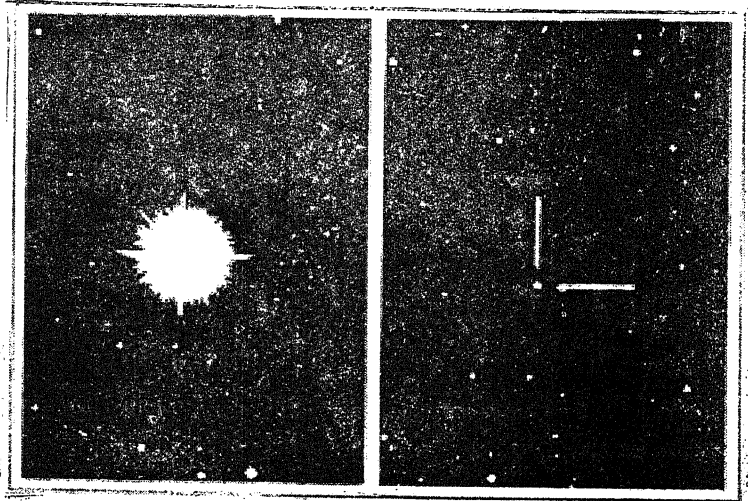
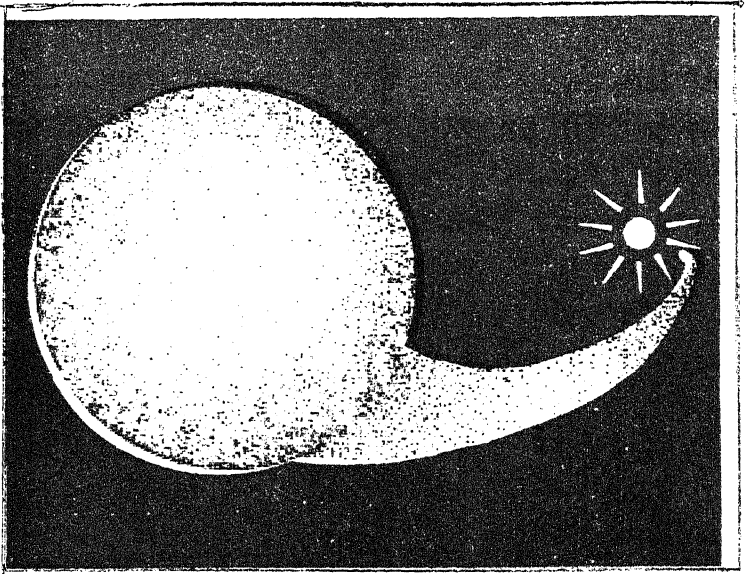
दुसरे काही फेरफार व्यक्त करणारे तारे अगदी निराळ्या कारणास्तव म्हणजे त्यांच्या ''कालबद्ध ग्रहणाच्या'' [Periodic Eclipses] स्थितीमुळे अप्रत्यक्ष तेजस्वितेत बदल दाखवितात. हे द्वैती तारे असतात. फुगडी खेळणाऱ्या दोन स्त्रियांप्रमाणे हे तारे एकमेकांभोवती वर्तुळाकार स्थितीत फिरत असतात. त्यांची एकमेकांभोवती फिरण्याची कक्षा अशी साधली गेलेली असते की पृथ्वीवरून पहाणाऱ्याला ते एकमेकांसमोर येत आहेत असे

दिसत असते. त्या दोहोंमधील एक तारा दुसऱ्यापेक्षा तेजस्वितेमध्ये क्षीण असेल तर जेव्हा जेव्हा क्षीण असणारा तारा दुसऱ्या सहयोगी [companion] परंतु तेजस्वी असणाऱ्या ताऱ्याच्या जवळ जाईल त्यावेळी तेजस्वी ताऱ्याची तेजस्विता कमी झाल्याचे जाणवेल. जसजसा सहयोगी तारा दूर दूर सरकेल तस तसं ताऱ्यांचे तेज पुन्हा वाढेल. ताऱ्याच्या तेजस्वितेतील फेरफार हे क्षीण तेजस्विता असलेल्या सहयोगी ताऱ्यामुळे घडले असल्याने, ह्या ताऱ्यांना ग्रहणामुळे फेरफार होणारे तारे [Eclipsing Variables] असे नाव पडले आहे.

ग्रहणामुळे फेरफार होत असलेले तारे हे द्वैती अथवा जोड तारे असून त्यातील एक दुसऱ्यापेक्षा अधिक क्षीण असतो. ज्यावेळी क्षीण तारा दुसऱ्या तेजस्वी ताऱ्याच्या जवळ जाऊन ग्रहणात्मक स्थिती उत्पन्न करतो, त्यावेळी त्याची तेजस्विता कमी झालेली असते आणि जेव्हा सहयोगी क्षीण तारा दूर सरकतो त्यावेळी तेजस्विता पुन्हा वाढलेली दिसते.

तेजस्वितेत फेरफार होत असणाऱ्या ह्या प्रकारांतील ताऱ्यामध्ये प्राचीन अरब खगोलशास्त्र अभ्यासकांच्या परिचयाचा असलेला ययाती [Perseus] नक्षत्रामधील "अल्गोल" हा तारा आहे. त्याला ते "डेमनतारा" [Demon Star नावाने ओळखीत. अल्गोल ताऱ्यामधील फेरफार २.३ ते ३.५ ह्या तेजस्विता प्रतीमध्ये फक्त दोन दिवस आणि १२ तास ह्या अवधीत घडत रहातात. अर्थात होत असलेला बदल मात्र सारखाच असतो असे नाही. सर्वात जास्त तेजस्वितेपासून सर्वात कमी तेजस्विता अवघ्या ५ तासांत घडून येते

ययाती[Perseus] *नक्षत्रामधील ग्रहणाधीन फेरफार होत असणारा तारा – अल्गोल.*

तर पुन्हा पूर्ववत तेजस्विता येण्यास आणखी ५ तास लागतात. पुढील ५० तासात काहीच लक्षणीय फरक न पडता तेजस्विता जवळ जवळ एका पातळीवर कायम रहाते. १७८३ साली इंग्लिश खगोलवैज्ञानिक जॉन गुडरिक

याने प्रथम अल्गोलमधील प्रकाशाच्या फेरफारासंबंधी संशोधन केले. ही एक वैचित्र्यपूर्ण बाब होती. त्यासंबंधी खुलासा करताना गुडरिक याने सुचविले की आपणाला एकच दिसणारा तारा प्रत्यक्षात दोन मिळून झालेला आहे. त्यातील एक तेजस्वी तर दुसरा क्षीण स्वरूपाचा सहयोगी [companion] आहे, की जो तेजस्वी ताऱ्याला एकमेकांभोवती प्रदक्षिणा करीत असताना ग्रहण लावतो. आणि आपण पहातो की गुडरिकचे म्हणणे बरोबर होते.

आपल्याला आत्तापर्यंत तेजस्वितेत घडणारे फेरफार दाखविणारे जे काही ताऱ्यांचे प्रकार माहीत आहेत त्यांतील सर्वात नाट्यमय प्रकार आहे "स्फोटक तारे" [Explosive stars]किंवा नोव्हा Novaयांचा. साधारणपणे ह्या प्रकारचे तारे हे फार क्षीण असून साध्या डोळ्यांनी दिसू शकत नाहीत. परंतु केव्हातरी त्यातील एखादाच काही तासांच्या अवधीत त्याच्या नेहमीच्या तेजस्वितेच्या मानाने शेकडो किंवा क्वचित हजारो पटींनी एकदम तेजस्वी बनतो आणि आकाशांतील शुक्र अथवा गुरू ग्रहांनाही आपल्या तेजाने लाजवितो. काही दिवसातच त्याची तेजस्विता कमी कमी व्हावयास लागते

"हरक्युलस" नक्षत्रामधील तारांगणात 1935 साली दिसून आलेला एक नोव्हा. डावीकडील छायाचित्र 10 मार्च रोजी टिपलेले असून उजव्या बाजूकडील छायाचित्र दोन महिन्यानंतर टिपलेले आहे.

दोन ताऱ्यांच्या रचेनतून नोव्हा जन्म घेत असतो आणि त्यातील एक श्वेत बुटका तारा असतो. सहयोगी ताऱ्यांमधील हैड्रोजन द्रव्य श्वेत बुटक्या ताऱ्याच्या प्रचंड गुरूत्त्वाकर्षण शक्तीने खेचून घेतले जाते आणि ऊर्जेचा स्त्रोत बाहेर पडून नोव्हा निर्माण होतो.

आणि तो तारा पहिल्याप्रमाणे पुन्हा एकदा दृष्टीआड होऊन जातो. १५७२ सालांतील नोव्हेंबर महिन्यात शर्मिष्ठा [Cassiopiea] नक्षत्रामधील एक ''नोव्हा'' सर्वात तेजस्वी म्हणून असल्याची नोंद आहे. डॅनिश खगोलशास्त्रज्ञ टायखो ब्राहे (१५४६ - १६०१) याने त्याचे निरीक्षण केले आहे. दिवसाढवळ्याही पहाता येईल इतका तो त्यावेळी तेजस्वी बनला होता.

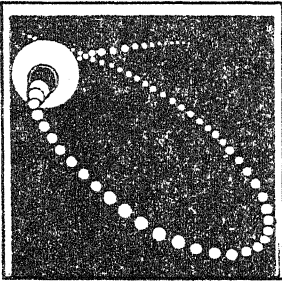
''नोव्हा'' म्हणून उदय होण्यापूर्वी ताऱ्यामध्ये काय काय परिवर्तन घडत असेल? खगोलशास्त्रज्ञाचे म्हणणे असे की नोव्हा बनणारे तारे बहुत करून अतीजवळ असलेले दोन तारे असावेत. त्यातील एक अतिउष्ण ''श्वेत बुटका'' असावा तर दुसरा लाल राक्षसी बनण्याच्या स्थितीत असलेला.

अशा परिस्थितीत श्वेत बुटक्या ताऱ्याची प्रचंड गुरूत्त्वाकर्षण शक्ती सहयोगी ताऱ्यांतील (लाल राक्षसी) बाहेरील द्रव्याचे थर स्वत:कडे वेगाने

खेचून घेते. मोठ्या ताऱ्यांतील हैड्रोजन फ्युजन प्रक्रियेला जोरात चालना मिळते आणि प्रचंड स्फोट घडून नोव्हा जन्माला येतो. बरेचदा नोव्हाचा

एकदाच स्फोट होत असतो; परंतु काही वेळा मात्र ही स्फोट क्रिया हैड्रोजनयुक्त द्रव्य वरचेवर खेचले गेल्यामुळे वारंवार घडत रहाते. त्यांना मग कालबद्ध नोव्हा असे ओळखले जाते.

नोव्हा हे दिसण्यात अवर्णनीय असतात यात संशय नाही. स्फोटाच्या वेळी प्रचंड प्रमाणात ऊर्जेचे प्रक्षेपण होत रहाते आणि पर्यायाने थोड्याच अवधीत बऱ्याचशा वस्तुमानाचा ऱ्हास होत असतो. असे जरी असले तरी याहून जास्त सामर्थ्यवान "सुपरनोव्हा"स्फोटांमुळे निर्माण होणारे तेज आणि स्फोटक शक्ती यापुढे हे नोव्हा फिकेच पडतात हे नक्की.

मृत्यू घटका

स्वतःच्या जीविताविषयी काही खात्री देता न येणे ही माणसाच्या जीवनातील एक खासियत आहे. आपल्यापैकी प्रत्येकाला एक दिवस मरायचे आहे हे आपण सर्व जाणत असतो. परंतु आपला शेवट कसा आणि केव्हा होणार आहे हे कुणीही खात्रीपूर्वक सांगू शकत नाही. अर्थात ताऱ्यांच्या बाबतीत मात्र गोष्ट निराळी आहे. एकदा का ताऱ्याचे जन्मतः वजन किंवा वस्तुमान किती आहे ते समजले की खगोल वैज्ञानिक बऱ्याचदा त्या ताऱ्याचा शेवट कसा असेल ते बरोबर सांगू शकतो.

आपल्या सूर्याच्या मानाने ज्या ताऱ्याचे वस्तुमान आठ ते दहा पटींनी अधिक आहे त्या ताऱ्याचा शेवट १० ते १५ हजार दशलक्ष वर्षानंतर लाल राक्षसी तारा बनण्यामध्ये होतो असे आपण आधी पाहिलेच आहे. अशा ताऱ्यांचा शेवट हा नेहमी शांततेने श्वेत बुटका तारा बनून होत असतो आणि पर्यायाने ते तारे आपोआप थंड होत जाऊन अंधुक बनतात. परंतु सर्वच ताऱ्यांचा मृत्यू अशा प्रकारे दृष्टीस न पडणाऱ्या पद्धतीने होत नसतो. अनेकांच्या बाबतीत सुपरनोव्हा स्वरूपांत शेवट होतो. प्रचंड स्फोट होऊन

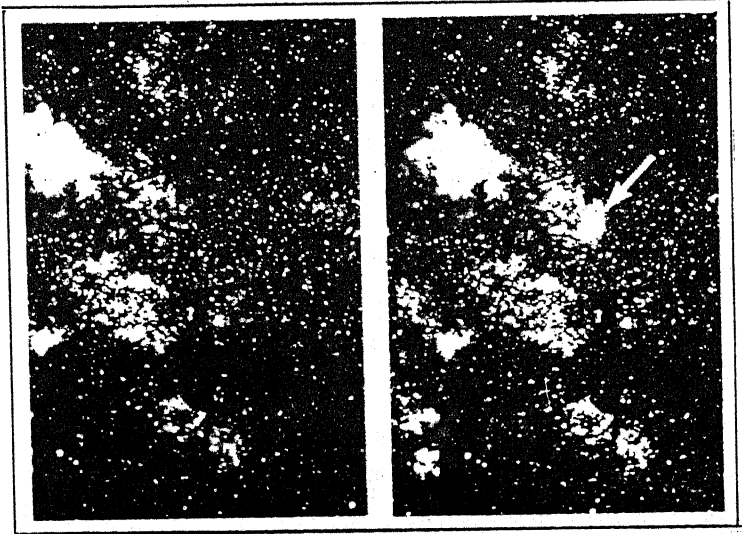
हजारो दशलक्ष सूर्यांच्या तेजाचा लोळ उसळतो आणि ताऱ्याचे अगणित तुकडे तुकडे होऊन तो विदीर्ण होतो. आकाशस्थ गोलांच्या संदर्भात विचार करता सुपर नोव्हासारखे स्फोट क्वचितच होतात असे दिसते. १९८७ च्या आधीच्या काळांत आपल्या आकाशगंगेमध्ये फक्त तीन सुपर नोव्हांचे स्फोट झाल्याचे आढळून आले आहे. वृषभ नक्षत्रामध्ये १०५४ साली झालेल्या एका स्फोटाची नोंद चीनमधील त्यावेळच्या लोकांनी केलेली पहावयास सापडते.

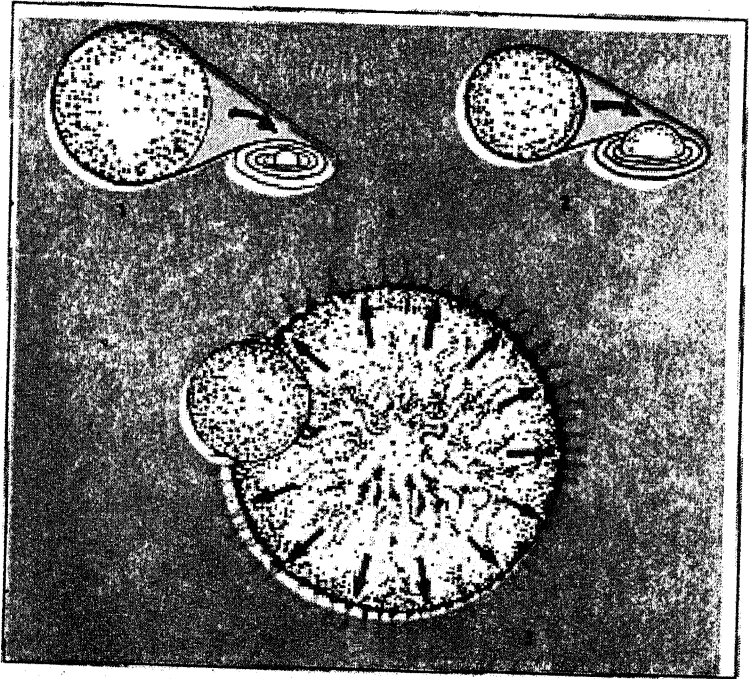
१९व्या शतकातील चित्रामध्ये डॅनिश खगोल शास्त्रज्ञ टायखो ब्राहे 1572 साली झालेल्या सुपरनोव्हा स्फोटाचे दृश्य पहाताना.

१९७२ साली झालेल्या दुसऱ्या स्फोटाची नोंद डॅनिश खगोल वैज्ञानिक टायखो ब्राहे याने अत्यंत अचूकपणे केलेली होती. १६०४ साली झालेला सुपरनोव्हाचा स्फोट जोहान केपलर आणि इटालियन शास्त्रज्ञ गॅलिलीओ गॅलिली (१५६४ - १६४२) यांनी पाहिलेला होता. त्यानंतर १९८७च्या सुरुवातीलाच १ लाख ७० हजार प्रकाशवर्षे दूर असलेला मेगॅलान ढगांच्या परिसरांत साध्या डोळ्यांनीही पहाता येईल अशा सुपरनोव्हाचा स्फोट घडून आला. ह्या स्फोटाचा शोध चिलीमधील लास कॅम्पानस येथील वेधशाळेतील इयान शेल्टन (१९५८ -.....) नावाच्या कॅनडामधील तरूण शास्त्रज्ञाने लावला. "SN 1987 A" असे नाव मिळालेल्या ह्या नवीन

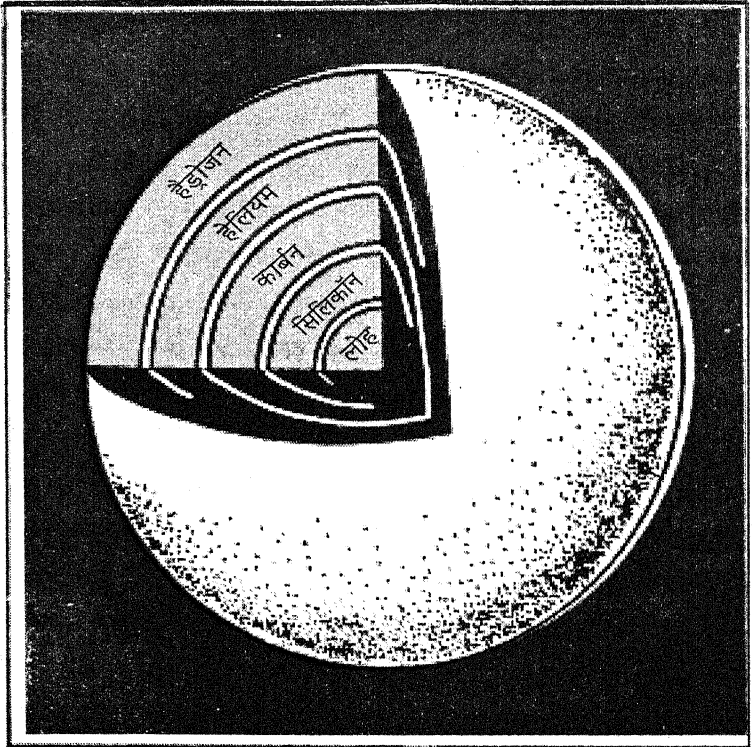
सुपरनोव्हामुळे शास्त्रज्ञांना आपल्या डोळ्यांदेखत घडलेल्या प्रचंड स्फोटाचा विविध उपकरणांद्वारे अभ्यास करण्याची सुवर्णसंधीच मिळाली आहे. आणि त्यांची निराशाही झालेली नाही.

काही ताऱ्यांतर्गत इतके महाभयंकर स्फोट कोणत्या कारणाने घडून येतात? या कूट प्रश्नाचे उत्तर शोधण्याचा प्रयत्न अनेक वर्षे खगोलशास्त्रज्ञ करीत आहेत. स्फोटरूपाने शेवट होणाऱ्या सुपरनोव्हांची सुरुवात कशामुळे होत असेल याची कारणमीमांसा शोधताना अनेक वर्षांच्या परिश्रमानंतर शास्त्रज्ञांनी सैद्धांतिक आणि परीक्षणावर आधारित दोन मॉडेल्स तयार केली. त्यांना सुपरनोव्हा "प्रकार १" आणि "प्रकार २" अशी नावे दिली. "प्रकार १" मधील सुपरनोव्हा आपली सुरुवात श्वेत बुटका ह्या जोड तारका रचनेतून करीत असतात; तर "प्रकार २" मध्ये महाकाय [Massive] ताऱ्याचा नाश हीच कल्पना मांडली आहे.

पृथ्वीवरून दोन्हीही सारखेच भासतात. परंतु खगोलशास्त्रज्ञ त्यांच्यापासून

1987 च्या सुपरनोव्हाचे छायाचित्र.
डावीकडील छायाचित्र विशाल मेगॅलान ढगांचे आहे, आणि सुपरनोव्हा दिसण्याच्या आदल्या रात्रीचे आहे. उजवीकडील छायाचित्रांत सुपरनोव्हाचा जन्म बाणाने दाखविला आहे.

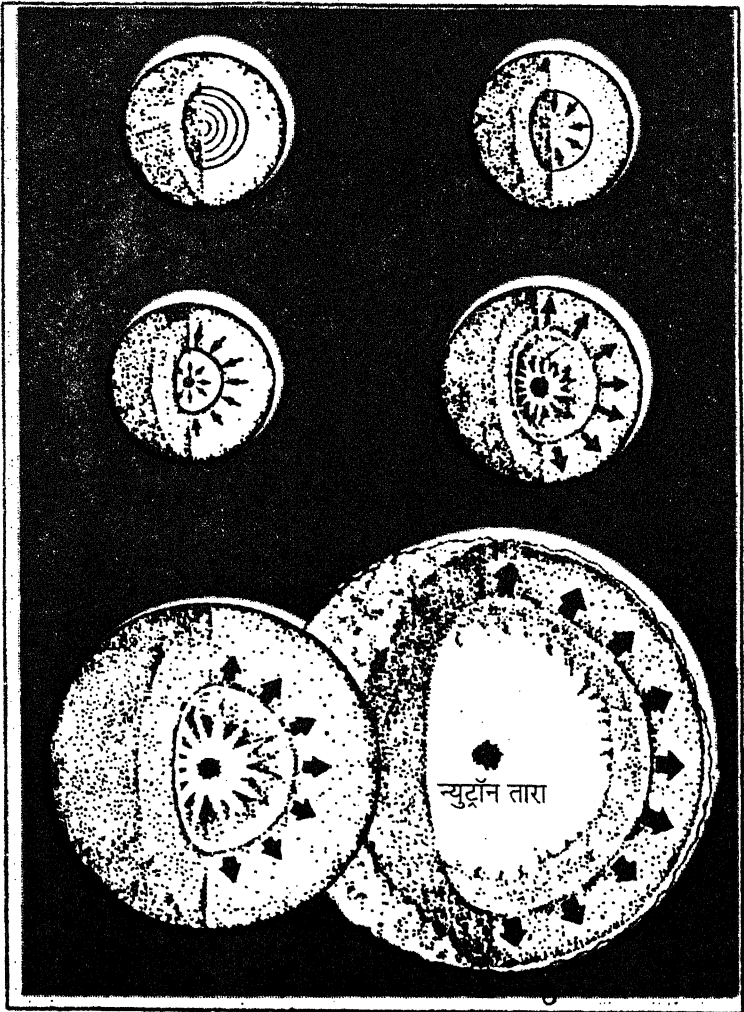
उत्पन्न होणाऱ्या किरणांमधील वर्णपटरेषांच्या भिन्नतेवरून ते पूर्णपणे वेगळे आहेत हे सांगू शकतात. उदाहरणार्थ, सुपरनोव्हा प्रकार १ म्हणून गणल्या जाणाऱ्या श्वेत बुटक्या ताऱ्यांभोवती हैड्रोजनचे वलय नाही. आणि त्यामुळेच त्यांच्या वर्णपटांत हैड्रोजन अणूंच्या वणरिषा आढळत नाहीत. ह्याच्या उलट, सुपरनोव्हा प्रकार २ चा वर्णपट मात्र हैड्रोजन अणूंच्या वणरिषा असल्याचे ठळकपणे दाखवून देतो. दोहोंमधील आणखीन एक ठळक फरक म्हणजे त्यांची शेवटच्या टप्प्यांतील तेजस्विता. पहिल्या प्रकारांतील सुपरनोव्हा हे दुसऱ्या प्रकारांतील सुपरनोव्हांपेक्षा अधिक तेजस्वी दिसतात. तसेच दुसऱ्या प्रकारांतील सुपरनोव्हा स्फोटानंतर मागे एक अतिघन असा गोल उरतो, तर पहिल्या प्रकारात असे काही होत नाही.

जोड ताऱ्याचा एक भाग असलेल्या श्वेत बुटका. यातून सुपरनोव्हा प्रकार-1 ची सुरुवात होते. (1) गुरूत्त्वाकर्षण दाबाच्या प्रभावामुळे मोठ्या ताऱ्याकडून वस्तुमान श्वेत बुटक्याकडे खेचले जाते. (2) पुरेसे वस्तुमान आकर्षिले जाताच सुपरनोव्हाचा स्फोट होतो.

वरील दोन्ही सुपरनोव्हा स्फोट घडण्याच्या मागे जी कारणे आहेत त्यांचा मागोवा घेण्याअगोदर ताऱ्याचा स्फोट होण्याआधी ताऱ्यांतर्गत काय काय घडत असते याचा शोध घेतला पाहिजे. सुपरनोव्हा प्रकार-१ ची सुरुवात श्वेत बुटका म्हणून होते आणि तेथे श्वेत बुटका तारा आपल्या सहयोगी ताऱ्यांतील द्रव्य स्वत:कडे खेचून घेतो आणि कालबद्ध नोव्हा म्हणून वरचेवर उद्रेक घडत रहातात.

परंतु अशी एक अंतिम वेळ येते की श्वेत बुटक्याने गिळंकृत केलेले द्रव्य इतके मोठ्या प्रमाणावर साठते की डॉ. चंद्रशेखर यांनी निर्देशित केलेली मर्यादा ओलांडली जाते. नेमक्या अशा वेळी ताऱ्यातील अंतर्गत दाब आटोक्यात न राहिल्याने श्वेत बुटक्याचा प्रचंड स्फोट होऊन विक्राळ प्रकाशलोळ उसळतो आणि सुपरनोव्हाचा जन्म होतो.

एक महाकाय लाल राक्षसी तारा त्याच्या शेवटच्या स्थितीत

सुपरनोव्हा प्रकार - २ ची सुरुवात आपल्या सूर्याच्या सुमारे ९ ते ३० पट वजनाने अधिक असलेल्या अश्या अत्यंत अवजड तारा ह्या स्वरुपात होत असते. ह्या महाकाय राक्षसी ताऱ्यांचे आयुष्यमान सुमारे एक कोटी वर्षे इतकेच असते, म्हणजे आपल्या सूर्याच्या एक हजारांश! ताऱ्याच्या गाभ्यांमध्ये हैड्रोजन अणूंचे हेलियम अणूत रुपांतर करीत करीत इतर ताऱ्यांप्रमाणेच ह्यांच्या आयुष्याची सुरुवात होत असते. परंतु फ्युजन क्रियेमुळे हेलियम अणूंचे कार्बन अणूंमध्ये रुपांतर होण्याची प्रक्रिया ताऱ्यांमधील मोठ्या वस्तुमानामुळेच शक्य होऊन पुढे चालू रहाते. महाकाय वस्तुमानाच्या गुरूत्त्वाकर्षण प्रभावाने निर्माण होणाऱ्या सततच्या दाबामुळे ताऱ्याच्या गाभ्याजवळचे तपमान १९०० दशलक्ष अंशापर्यंत वाढत जाते आणि पर्यायाने ताऱ्यामधील अधिकाधिक जड असलेल्या मूलद्रव्यांची फ्युजन क्रिया घडणे शक्य होऊ लागते.

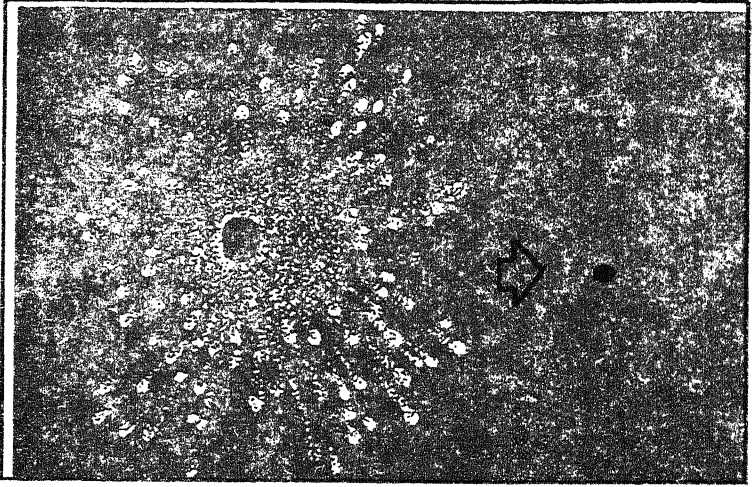
परंतु ताऱ्याची अंतिम घटका भरत आलेली असताना शेवटी अशी परिस्थिती प्राप्त होते की ताऱ्याच्या अंतर्भागांत एका प्रचंड कांद्यासारखी रचना निर्माण होते. म्हणजे मध्यभागी गाभ्याजवळ लोह असते, त्यानंतर त्याच्याभोवती अनुक्रमे सिलिकॉनं, ऑक्सिजन, नीऑन, कार्बन आणि हेलीयम यांची एकामागोमाग वलये तयार झालेली असतात. आणि सर्वात वरती फ्युजन क्रिया घडत असलेल्या हैड्रोजनचं वलय असतं. फ्युजन प्रक्रियेमुळे ज्यावेळी सर्व वस्तुमानाचे लोह अणूमध्ये रूपांतर होण्याची परिस्थिती येईल त्यावेळी ताऱ्याचा खरा अंत होण्याची वेळ समीप आहे असे समजावे. कारण फ्युजनमुळे लोहाच्या अणूमध्ये रूपांतर होण्याची क्रिया जेव्हा सुरू होते त्यावेळी ऊर्जा उत्सर्जनाऐवजी तिचे शोषण जास्त होत रहाते. अर्थातच मध्यभागी निर्माण होत असलेल्या उष्णतेचा स्त्रोतच विझला जाऊन आता ताऱ्याच्या मध्यभागाकडे कोसळण्याची प्रक्रिया थांबविण्यास कुठलाही विरोधी दाब उरत नाही.

एखाद्या प्रचंड इमारतीच्या आधाराचे खांब जर अचानक काढून घेतले तर सबंध छप्पर अती जोराने जसे कोसळेल त्याचप्रमाणे सबंध तारा काही सेकंदात कोसळून त्याच्या गाभ्याची घनता प्रचंड प्रमाणात म्हणजे अणूच्या गाभ्यातील घनतेच्या ३ ते ५ पटींनी एकदम वाढलेली असते. परंतु अशी

ज्यावेळी ताऱ्याच्या केंद्रस्थानी असलेली आण्विक प्रक्रिया थांबते त्यावेळी महाकाय ताऱ्यामधून सुपरनोव्हा प्रकार -2 ताऱ्याचा उदय होतो. अशा ताऱ्याच्या केंद्रभागी लोह असून इतर सर्व रचना प्रचंड कांद्यासारखी झालेली असते. (1) कारण लोहाचे फ्युजन सुरू होताच ऊर्जा निर्माण न होता केंद्रस्थानाकडे तारा कोसळू लागतो. (2) उच्चतम घनता होईपर्यंत वस्तुमान दाबले जाते. (3) परंतु ''शॉक वेव्ह '' तयार होऊन ते बाहेर उफाळून येते. (4) प्रचंड प्रकाशाचा लोळ उठतो. (5) आणि मागे उरतो तो फक्त एक न्यूट्रॉन तारा.

स्थिती फार काळ टिकू शकणार नाही. केवळ एक शतांश सेकंदातच अत्यंत दाबला गेलेला ताऱ्याचा गाभा उसळी मारून १८,००० किलोमीटर प्रतिसेकंद अशा भयानक वेगाची दाबयुक्तलाट निर्माण करतो. ताऱ्याच्या बाहेरील सर्व थरांतून प्रचंड वेगाने ही लाट मार्ग काढीत असताना प्रकाशाचा कल्लोळ उसळतो आणि आपल्याला सुपरनोव्हाचे दर्शन घडते. स्फोटाचा दणका इतका जबरदस्त असतो की ताऱ्याच्या बाहेरील थरांत असलेली कमी वजनाची मूलद्रव्यं एकत्रित होऊन [Fuse]त्यातून कॅल्शियम, युरेनियम आणि शिसं वगैरे जड मूलद्रव्ये तयार होतात आणि लाटेच्या प्रभावामुळे अवकाशांत इतस्तत: विखुरली जातात.

सुपरनोव्हा प्रकार - २ स्फोटामधून ताऱ्याच्या मूळ वस्तुमानावर अवलंबून असलेला असा काही भाग मागे शिल्लक उरतो. सूर्याच्या मानाने १० ते २० पटींनी वजनदार असलेल्या ताऱ्यांतून न्यूट्रॉन कणांनी ठासून भरलेला परंतु आकाराने अगदी लहान स्वत:भोवती प्रदक्षिणा करणारा गोल मागे रहातो. त्याचा व्यास फक्त ३० किलोमीटर इतका असतो आणि त्याच्यातील केवळ एक चमचाभर द्रव्याचे वजनच मुळी एक कोटी टन भरेल. न्यूट्रॉन ताऱ्याबद्दल एक विचित्र गोष्ट म्हणजे त्यांच्यापासून प्रकाश येत नाही, परंतु ''पल्सेस''च्या रूपात रेडियो संदेश बाहेर पडत असतात. याच कारणास्तव न्यूट्रॉन ताऱ्यांना कालबद्ध संदेश प्रक्षेपक [Pulsars]म्हणून ओळखतात.

पहिला वहिला कालबद्ध संदेश प्रक्षेपकाचा शोध १९६७ साली इंग्लंडमधील केंब्रिज विद्यापीठांत रेडियो लहरींसंबंधी संशोधन करणारी विद्यार्थिनी डॉ. जोसेलीन बेल (१९४३-) हिने लावला. तिने पाहिले की एका प्रयोगात एका विशिष्ट दिशेकडून दर १.३ सेकंदाच्या अंतराने रेडीओ संदेश येत आहेत. विशेष म्हणजे ह्या रेडिओ संदेशाची कालबद्धता अतिशय साचेबंद होती. जणू काही आपणास अज्ञात असलेली पृथ्वीबाहेरील कुणीतरी विकसित जीवदृष्टी हे संदेश पाठवीत आहे असे वाटावे.

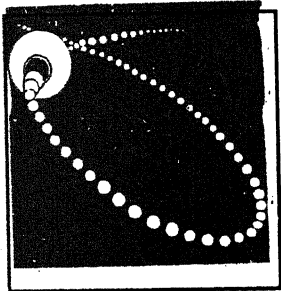
परंतु ह्या गूढ समस्येचा लवकरच उलगडा झाला. सागरांतील एखाद्या दीपगृहाप्रमाणे स्वत:भोवती वेगाने प्रदक्षिणा करणारे न्यूट्रॉन तारे अतिशय कालबद्ध रेडिओ संदेश धाडीत आहेत असे अनुमान निघाले. न्यूट्रॉन ताऱ्यांशी

ज्या ताऱ्यांचे वस्तुमान सूर्याच्या 30 ते 50 पट जास्त असते, त्यांच्या गाभ्याच्या नशिबी काय असते ह्याचा उलगडा होणे कठीण वाटते. अशा परिस्थितीत ताऱ्याचा गाभा इतका दाबला जातो की त्याची घनता प्रचंड प्रमाणावर वाढत जाते. त्यामुळे गुरूत्त्वाकर्षण शक्ती इतक्या भयंकर प्रमाणात वाढते की एक 'कृष्ण विवर' तयार होते.

संलग्न असे जे प्रभावी चुंबक क्षेत्र [Magnetic Field] असते त्यामुळे रेडिओ संदेश निर्माण होतो. असे खगोलशास्त्रज्ञांचे म्हणणे आहे.

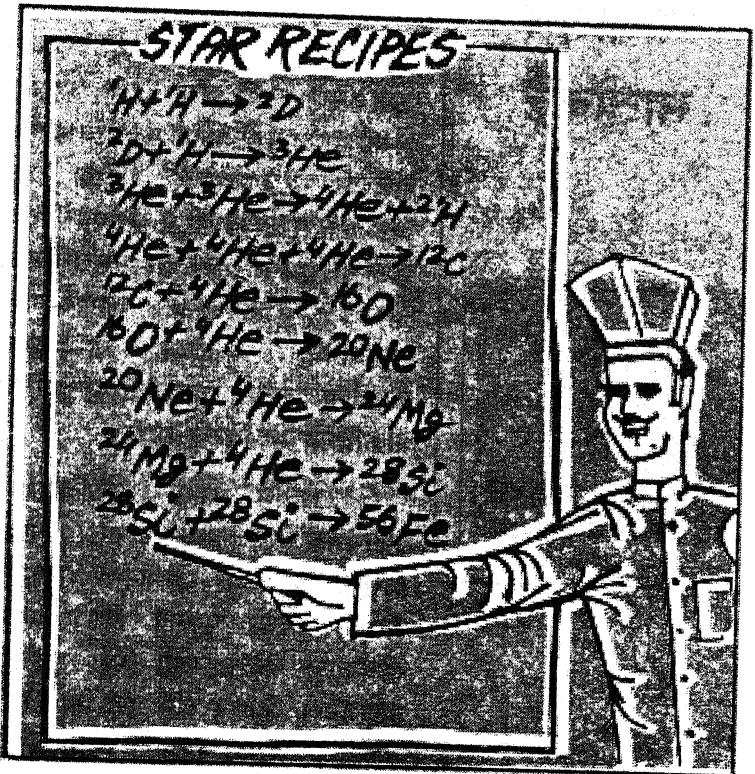
तुम्ही केलेल्या अंदाजाप्रमाणे कृष्णविवर पहाणे शक्य होणार नाही, कारण त्यामधून कुठलेच किरण बाहेर पडू शकत नाहीत. अगदी प्रकाशाचे किरण देखील. परंतु कृष्णविवरांचा गुरूत्त्वाकर्षण दाब आणि तत्सम इतर कारणांनी ते जवळच्या ताऱ्यांवर उत्पन्न करीत असलेल्या प्रभावामुळे खगोलशास्त्रज्ञ आता यशस्वी गुंगारा देणाऱ्या वस्तूचा देखील पत्ता लावू शकतात.

कृष्ण विवरांसारखे विचित्र आकाशगोल आश्चर्यकारक रीतीने निर्माण करणारा सुपरनोव्हा, आपणही ज्यामधून घडलो आहोत अशा प्रकारची द्रव्ये उत्पन्न करीत असतात. खगोलशास्त्रज्ञ असे सांगतात की विश्वात आढळणारी सर्व जड द्रव्य ही सुपरनोव्हांमुळे फार पूर्वी निर्माण झाली आहेत व आपल्यापर्यंत आलेली आहेत. ह्या पुस्तकांतील शाईतील असणारं कार्बन

द्रव्य, सतत श्वासोश्वासासाठी आपण वापरतो तो ऑक्सीजन वायु, आपल्या हाडांमध्ये असणारं कॅलिशयम द्रव्य आणि रक्तातील लोह हे सर्व फार पूर्वी मृत झालेल्या ताऱ्यांमधून उत्पन्न झालेले आहेत. थोडक्यांत म्हणजे आपण सर्व ताऱ्याच्या धुळींतून आलो आहोत आणि तीथेच परत जाणार आहोत.

मातीतून मातीकडे

"ज्याला एकदा जन्म मिळाला आहे, त्याचा पुनर्जन्म होण्यासाठी मृत्यूही अटळ आहे" या अर्थाचा एक श्लोक भगवद्गीतेमध्ये आहे. माणसांचा पुनर्जन्म होतो की नाही याची आपणांस माहिती नाही, परंतु ताऱ्यांना मात्र पुनर्जन्म असतो हे नक्की. मुख्यत: हैड्रोजन आणि थोडेसे हेलियम यांनी व्याप्त असलेल्या वायूंच्या ढगांतून प्रत्येक ताऱ्याचा जन्म होतो हे आपण आधी पाहिले आहे. परंतु जसजसा तारा वयस्कर होत जातो, तसतसे आण्विक प्रक्रियांमुळे त्याच्या गाभ्यामध्ये नवीन रासायनिक द्रव्ये तयार होत जातात. अर्थात एकाअर्थी तारे ही संपूर्ण विश्वातील हेलियम मूलद्रव्यांहून अधिक जड असलेली मूलद्रव्ये तयार करण्याची एक मोठी मूस [crucible] आहे असेच वाटते. खगोल वैज्ञानिकांनी कोणकोणती रासायनिक मूलद्रव्ये ताऱ्यांतर्गत बनविली जातात यासंबंधीच्या विविध पाकक्रिया सुचविल्या आहेत..

सर्वात सोपी पाकक्रिया हेलियमचे हैड्रोजनमधून रूपांतर होणे ही असून ताऱ्याच्या जन्मानंतर त्यामुळे सतत उर्जेचा पुरवठा होऊन तारा दीर्घकाळ कालक्रमणा करू शकतो. हैड्रोजनचे फ्यूजन दोन पद्धतीने होत असते. ताऱ्यांतर्गत तपमान

दहा दशलक्ष अंशापर्यंत वाढल्यानंतर हैड्रोजनच्या अणूंचे सरळ सरळ एकजीविकरण [Fusion]घडते. कारण हैड्रोजन म्हणजे प्रोटान चे मूलभूत कण असून त्यामुळे प्रोटॉन-प्रोटॉन साखळीमधून हेलियम मूलद्रव्यं तयार होत जाते. येथे प्रत्येकी चार प्रोटॉन एकत्र आल्यावर त्यांतून एक एक हेलियम अणू बनत जातो. २० दशलक्ष अंश किंवा त्याहून जास्त तपमान ज्यावेळी असते त्यावेळी ''कार्बन चक्र'' [Carbon Cycle]ह्या गुंतागुंतीच्या प्रक्रियेची सुरुवात होते. कार्ल फॉन वाईझॅकर आणि हन्स बेथे ह्या विख्यात शास्त्रज्ञांनी ''कार्बन चक्र'' प्रक्रियेचा शोध लावला. येथे हैड्रोजन अणूंचा विविध प्रकारे इतर अणूंशी संयोग होत जातो परंतु त्या प्रक्रियांच्या वेळी कार्बन अणू हे केवळ साहाय्यभूत [catalyst] ठरत असतात, आणि स्थिर रहातात. प्रत्यक्षात

प्रक्रिया कार्बन आणि हैड्रोजन यापासून सुरू होते परंतु शेवटी त्याची परिणती मात्र कार्बन आणि हेलियम यामध्ये होत असते, आणि कार्बन जणू वापरले गेलेच नाही असे दिसते. वापरले जाते फक्त हैड्रोजन, की जे हेलियममध्ये रूपांतरीत होत रहाते.

ताऱ्याच्या गाभ्यामधील तपमान जसजसे आणखी वाढत जाऊन सुमारे २०० दशलक्ष अंशापर्यंत पोहोचते त्यावेळी हेलियम फ्युजन प्रक्रिया सुरु होऊन त्यांचे कार्बन अणूंमध्ये रूपांतर होण्यास गती मिळते. तीन हेलियम अणू म्हणजेच दुसऱ्या शब्दांत सांगावयाचे तर तीन 'अल्फा कण'' एकत्र आले असता एक कार्बन अणू तयार होत असतो. ह्या प्रक्रियेला ''ट्रीपल अल्फा प्रक्रिया' नाव आहे.

अधिक वजनदार आणि महाकाय ताऱ्याच्या गाभ्याजवळील तपमान आणखी वाढत गेल्यावर कार्बन आणि हेलियम कणांच्या एकत्रीकरणांतून [Fusion]नवीन मूलद्रव्य उत्पन्न होऊन त्यातून ऑक्सिजन, नीऑन, मॅग्नेशियम, सिलीकॉन, सल्फर आणि इतरही अनेक मूलद्रव्यं बाहेर पडतात. सरतेशेवटी लोहासारखे मूलद्रव्य गाभ्यामध्ये तयार होत असताना ताऱ्याचे तपमान बेसुमार म्हणजे १,००० दशलक्ष अंशाच्या पुढेही वाढलेले असते असे दिसते. ह्याप्रमाणे लाखो वर्षांच्या कालावधीत हेलियमपासून ते लोहापर्यंत सर्व तऱ्हेची मूलद्रव्ये ताऱ्यांतर्गत जणू शिजविली जात आहेत असे दृश्य दृष्टीस पडते. परतु महाकाय ताऱ्यांच्या केवळ क्षणार्धात ओढवलेल्या मृत्युमुळे सुपरनोव्हा जन्माला येतो आणि त्यानंतर युरेनियमपर्यंत सर्व जड मूलद्रव्यांची निर्मिती होत ती सर्व अवकाशात विखुरली जातात. काही ताऱ्यांचा अशा प्रकारे स्फोट घडून मृत्यू झाला नसता तर

आलंद उल्का

ताऱ्यांतर्गत तयार झालेल्या नवीन आणि जड मूलद्रव्यांना विश्वांतील इतर धुळींचे ढग आणि वायू ह्यामध्ये मिसळून जाण्याची संधी कधीच मिळाली नसती. धुळीचे कण आणि वायू यांनी समृद्ध असलेल्या अशाच भागांतून नवीन ताऱ्यांची उत्पत्ती होत असते.

आपल्या सूर्याचेच उदाहरण घ्या ना! विश्वातील धुळीचे ढग आणि वायू ह्यामधूनच ५ अब्ज वर्षांपूर्वी ग्रहमालिकेसहीत सूर्यासारख्या मध्यम आकाराच्या ताऱ्याची उत्पत्ती झाली आहे. आपला सूर्य जर केवळ हैड्रोजन आणि हेलियम मूलद्रव्यांनी युक्त अशा धुळीतून जन्माला आला असेल असे मानले तर मग सर्व प्रकारची जड मूलद्रव्ये जी आज पृथ्वीवर सापडतात ती कोठून आली असती? याचं उत्तर अगदी सरळ आहे. आपला सूर्य हा प्राथमिक अवस्थेतील धुलीढग आणि वायू अशा परिस्थितीतून जन्माला आलेला नसून ज्यामध्ये एका मृत झालेल्या ताऱ्यांतून बाहेर फेकल्या गेलेल्या सर्व जड मूलद्रव्यांचं मिश्रण झालेलं आहे अशा धुळीच्या ढगांतून जन्मलेला आहे असेच दिसते. दुसऱ्या शब्दात वर्णन करावयाचे तर पृथ्वीवरील हैड्रोजन आणि हेलियम ही मूलद्रव्ये सोडून इतर सर्व मूलद्रव्ये सूर्य उत्पन्न होण्याच्या बऱ्याच आधी मृत झालेल्या ताऱ्यांमध्ये निर्माण होऊन आलेली असली पाहिजेत. यासंबंधी थोडा विचार केला तर असे दिसेल की वजनदार आणि महाकाय ताऱ्यांच्या अस्तित्वाशिवाय आणि त्यांच्या डोळे दिपवून टाकणाऱ्या मृत्यूशिवाय आपली पृथ्वी, इतर ग्रह आणि त्यावरील आपण सर्व असूच शकत नाही.

परंतु सुपरनोव्हा स्फोटानंतरच्या परिस्थितींतून आपला सूर्य जन्माला आला आहे ह्यासंबंधी आपली खात्री आहे का? खगोलशास्त्रज्ञांनी खडकांच्या किंवा प्रस्तरांच्या स्वरूपात कधीकधी अवकाशातून पृथ्वीवर पडणाऱ्या उल्कांच्या रूपाने काही पुरावा मिळविलेला असल्याचे दिसते. ज्या मूलभूत द्रव्यांमधून सूर्य आणि त्याची ग्रहमालिका गठीत झाली आहे अशाच मूलभूत द्रव्याचे उल्का हे अवशेष आहेत असे मानले गेले आहे.

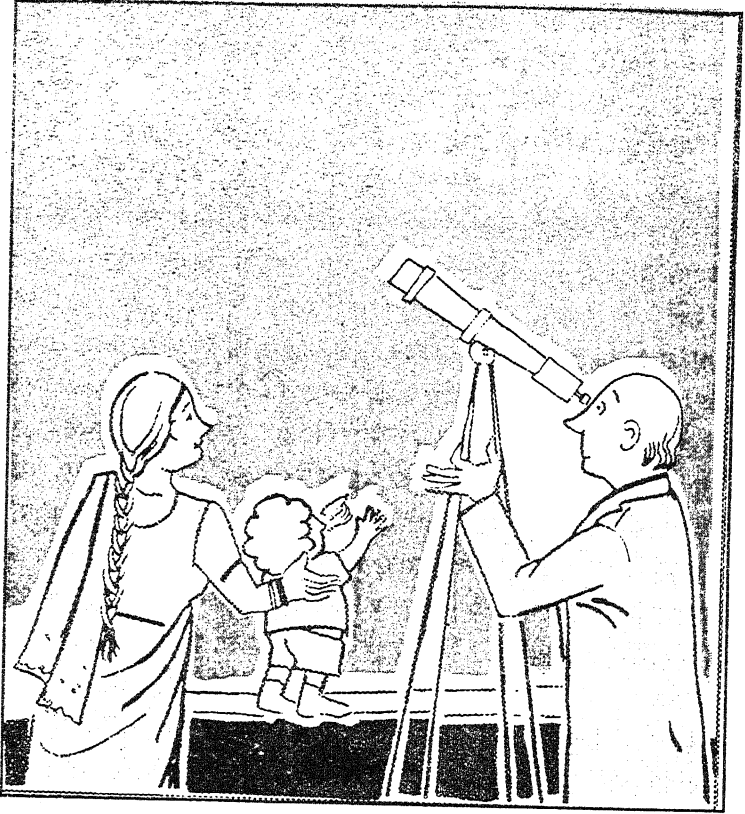
यातील पुष्कळसे द्रव्य अवशेष हे धुळीच्या कणांसारखे असून अवकाशातून पृथ्वीकडे त्याचा प्रवास होत असताना पृथ्वीसभोवताली असलेल्या वातावरणातील अणूरेणूंशी संघर्ष होऊन जळून नष्ट होते. रात्रीच्या अंधाऱ्या आकाशात जळून जाणारे अवशेष प्रकाशाच्या रेषा उमटवतात असे

आपण पहातो. त्यांना झगझगणारे तारे (शूटींग स्टार्स) असे नाव दिले जाते. क्वचित प्रसंगी आकाशातून पडणारी उल्का आकाराने इतकी मोठी असते की त्यातील काही भाग जळून जाऊन देखील उरलेला भाग पृथ्वीवर पडतो. अशाच पृथ्वीवर पडलेल्या काही उल्कांचा अभ्यास केल्यानंतर सूर्याच्या पूर्वजांशी असलेले त्यांचे नाते ध्यानात आले.

मेक्सिकोमधील प्युब्लिटो डे अॅलेंदे ह्या खेडेगावात १९६९ साली एक मोठी उल्का पडली. ती उल्का इतकी मोठी होती की पडलेल्या सर्व तुकड्यांचे वजन दोन टनांपेक्षा जास्त भरले. उल्केमधील द्रव्यात एकाच मूलद्रव्याचे समरूपी [Isotopes] आढळल्यामुळे योग्य पुरावा हाती लागला. एखाद्या अणूच्या गाभ्यामध्ये असलेल्या न्यूट्रॉनच्या वेगवेगळ्या संख्येवरून मूलद्रव्याचे समरूपी कळून येतात. जेथे विद्युतभारीत नसलेल्या कणांची संख्या [Neutrons] बदलते त्यांना मूलद्रव्याचे समरूपी [Isotopes] मानले जाते. असे काही समरूपी असतात की जे स्थिर न रहाता त्यांच्यामध्ये काही विशिष्ट कालावधीनंतर बदल घडून येतात आणि त्यांचे वेगवेगळ्या प्रकारच्या मूलद्रव्यांत रूपांतर होते. अशा क्रियेला किरणोत्सर्गी रूपांतर क्रिया [radioactivity Decay] म्हणतात. अल्युमिनियमचं एक समरूपी असं आहे की ज्याचे विद्युतभारीत कणासंहीत वजन [Atomic Number] २६ असून त्याचे मॅग्रेशियम२६ रूपांत स्थित्यंतर होते. कारण मॅग्रेशियम मूलद्रव्याचे मॅग्रेशियम २६ असे एक रूप असून ते फक्त अॅल्युमिनियम २६ पासून किरणोत्सर्गी रूपांतर क्रियेनेच तयार होते हे सिद्ध झाले आहे. त्यामुळे शास्त्रज्ञांचे असे मत आहे की उल्केमधील मॅग्रेशियम समरूपी हे द्रव्यं ज्या धुली ढगांपासून आपल्या सूर्याची आणि ग्रहांची उत्पत्ती झाली आहे त्या ढगांतच असले पाहिजे.

इतकेच नव्हे तर अॅलेंदे उल्केत आढळलेल्या इतर समरूपी द्रव्यांमुळे धुळ आणि वायूंनी व्याप्त असलेल्या ढगांमध्ये जड मूलद्रव्ये असावीत ह्या विधानाला पुष्टी मिळते. त्यानंतरच सूर्याचा आणि इतर ग्रहांचा पाच अब्ज वर्षापूर्वी जन्म झाला असावा.

वरील सर्व संशोधनानंतर खगोलशास्त्रज्ञांना असा विश्वास वाटू लागला की सुमारे ५१०० दशलक्ष वर्षांपूर्वी सुपरनोव्हा स्फोटामुळे सूर्याच्या घडणीला चालना मिळाली. म्हणजे सूर्याच्या जन्माच्या आधी सुमारे १०० दशलक्ष

वर्षे! सुपरनोव्हांच्या स्फोटामुळे केवळ वायूचे ढग केंद्राकडे गुरूत्त्वाकर्षण दाबामुळे कोसळू लागण्याची प्रक्रिया सुरू झाली नाही तर आपण सर्व ज्यांतून

आपण सर्व तार्‍यांच्या चीजवस्तूंतून घडले आहोत.

घडलो आहोत त्या प्रकारच्या सर्व द्रव्याने आपले सर्व जीवन संपन्न केले गेले!!